

# **MODULÄR UTRUSTNING FÖR EFTERBEARBETNING AV SLANG FÖR MEDICINSKT BRUK**

## **- Förstudie och sammanfattning**

C. Dahlström, S. Kihlström



2017:45

Datum för godkännande: 19.12.2017  
Handledare: Kenneth Andersson

# EXAMENSARBETE

## Högskolan på Åland

<b>Utbildningsprogram:</b>	Maskinteknik
<b>Författare:</b>	Christoffer Dahlström, Stefan Kihlström
<b>Arbetets namn:</b>	Modulär utrustning för efterbearbetning av slang för medicinskt bruk – Förstudie och sammanfattning
<b>Handledare:</b>	Kenneth Andersson
<b>Uppdragsgivare:</b>	Optinova Ab

<b>Abstrakt</b>
<p>Detta arbete har vi fått till uppdrag av Optinova Ab. Vi skall utveckla en modulär testbänk för framtagning av verktygsprototyper för efterbearbetning av medicinsk slang. Vi skall även utveckla en verktygsmodul för spetsslipning av medicinsk slang till testbänken. Man hoppas att på så sätt kunna effektivisera och underlätta produktionstekniken med hjälp av modulär utrustning som snabbt kan anpassas för den aktuella produkten och de olika arbetsskedena. Vi gjorde en empirisk studie genom att metodiskt testa slipmetoder och utveckla några prototyper för verktygsmodulen, som vi bedömde kritiskt utgående från resultat och lönsamhet och gallrade fram ett fungerande koncept. En fungerande prototyp av slipmodulen blev uppbyggd med en gammal prototyp som grund.</p> <p>Även testbänken har utvecklats på basen av lönsamhet och effektivitet, bl.a. genom att välja bekanta och prisvärda komponenter. En komplett konstruktion gjord i CAD presenterades tillsammans med en priskalkyl för företaget, enligt överenskommelse.</p>

<b>Nyckelord (sökord)</b>
Testbänk, modulär, prototyp, efterbearbetning, automation, Optinova

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
2017:45	1458-1531	Svenska	78 sidor

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
19.12.2017	12.05.2017	19.12.2017

# DEGREE THESIS

## Åland University of Applied Sciences

<b>Study program:</b>	Marine Engineering
<b>Author:</b>	Christoffer Dahlström, Stefan Kihlström
<b>Title:</b>	Modular equipment for post-processing of medical tubing – Pilot study and summary
<b>Academic Supervisor:</b>	Kenneth Andersson
<b>Technical Supervisor:</b>	Optinova Ab

<b>Abstract</b>
<p>This thesis is an assignment from Optinova Ab. The assignment is to develop a modular testing workbench for developing and producing components for the after processing of medical tubes. The assignment also includes developing a tip grinding tool for the medical tubes. The motivation is to increase the efficiency and facilitate the production by implementing modular equipment adaptable to the current product and the current work phase.</p> <p>We did empirical research by testing different grinding methods and developed a few prototypes. These prototypes were carefully examined and discarded until we found a working concept. The new prototype was based on an old one. The workbench is also developed with a consideration for efficiency and profitability. A complete CAD-design was made and presented, along with a price calculation, to the company's representatives, as agreed upon.</p>

<b>Keywords</b>
Tip grinder, modular, prototype, workbench, automation, Optinova

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
2017:45	1458-1531	English	78 pages

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
19.12.2017	12.05.2017	19.12.2017

# FÖRORD

## Tack till:

- Emil Cederlöf och Calle Valve för handledning och expertis i fråga om komponenter och val av design i utvecklingsskedet av såväl testbänken som verktygsmodulerna.
- Markus Clemes för gedigna kunskaper inom SolidWorks och för att ha bidragit med värdefull hjälp vid utvecklandet av designen i CAD.
- Jan Karlsson för värdefull information rörande linjärmotorer och styrningarna till dessa.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	4
Ordlista	8
1. INLEDNING	9
1.1 Syfte	10
1.1.1 Avgränsningar	10
1.1.2 Metoder	10
2. DESIGNKRAV	12
2.1 Renrumskrav	12
2.2 Företagets godkännande	12
2.3 Kundernas godkännande	12
2.4 CE-märkning	13
2.5 Säkerhet	13
3 KONSTRUKTION	14
3.1 Översikt	15
3.2 Ramkonstruktion	17
3.3 Manöveralternativ	17
3.3.1 Linjära motorer	17
3.3.2 Planarmotor (XY-motor)	19
3.4 Koncept för verktygsinfästning	20
3.4.1 Bänk med fritt flyttbara moduler	20
3.4.1.1 Koncept 1: Lego bänk	20
3.4.1.2 Koncept 2: Vakuumlåsta modulplattor	21

3.4.2 Bänk med fastlåsta moduler	23
3.4.2.1 Koncept 3: Genesis	23
3.4.2.2 Koncept 4: RAIL 1	24
3.4.3 Diskussion och gallring av bänkkoncept	27
3.5 Slangtransport	28
3.5.1 Griparm	28
3.5.1.1 Alternativ 1: Pneumatisk gripklo (gripper)	29
3.5.1.2 Alternativ 2: Versaball gripkudde	30
3.5.2 Matning med drivhjul	31
3.5.3 Beslut om slangtransport	32
3.6 Ventilation	32
4 VERKTYGSMODULERNA	34
4.1 Spetsslipning	34
4.1.1 Utveckling av spetsslipningsmodulerna	34
4.1.2 Gammal spetsslipdesign	42
4.1.3 Diskussion och gallring av prototyper	44
4.2 Övriga verktyg	45
5 KRINGUTRUSTNING	46
5.1 Kablar och kopplingar	46
5.2 Pneumatik	47
5.3 Elskåp/Styrskåp	49
5.4 Övrig kringutrustning	51
6 SAMMANFATTNING AV FÖRSTUDIEN	53
6.1 Sammanfattning av offerter	53
7 KONSTRUKTION AV TESTBÄNKEN	54

7.1 CAD-modell	55
7.2 Den slutgiltiga konstruktionen	55
7.2.1 Vakuumbordet och dess komponenter	56
7.2.2 Slangtransport och manövrering	58
7.2.3 Styrpanel	61
7.2.4 Skyddsbur	62
7.2.5 Extratillbehör	62
7.3 Kostnadskalkyl	63
8 KONSTRUKTION AV SPETSSLIPSMODULEN	64
8.1 Remhjul	65
8.2 Kolhållare och släpringar	65
8.3 Drivmotor	68
8.4 Testresultat	69
8.5 Anpassning av verktygsmodulen för testbänken	71
9 SLUTSATS	73
KÄLLFÖRTECKNING	75
BILAGOR	77
1 Sammanfattning av offerter	77
2 Materiallista med komponentpris	78

# Ordlista

- ITEM - Är ett varumärke för aluminiumprofiler och tillbehör som säljs bla av Aluflex i Sverige och Item Profiili Oy i Finland. Item omfattar en databas på hundratals olika produkter som passar ihop med systemet, såsom bord, fästen och beslag.
- CAD - Computer Aided Design. Datorstött ritteknik som används inom konstruktion och arkitektur.
- Autodesk Inventor - Ett av de större CAD-programmen som används. Mera flexibelt och mångsidigare än de mera traditionella CAD-programmen. Kan få olika objekt att interagera med varandra, som till exempel kugghjul.
- Solidworks - Motsvarar Inventor, men utvecklat av ett annat företag.
- HEPA filter - High Efficiency Particulate Air, är ett mycket fint filter som används i renrumsmiljöer och som skall stoppa skadliga mikropartiklar.
- LEGO - Ett system av byggelement av plast som utvecklades 1949 av dansken Godtfred Kirk Christiansen. (Wikipedia)
- Line clearance - LC måste alltid genomföras vid ett produktbyte i produktionslinjen, för att förhindra kontaminering av en ny produkt. Det innebär att maskinen måste städas, dammsugas och eventuellt tvättas med alkohol innan bearbetningen av en ny slangtyp får komma igång. Även kunden har rätt att komma med synpunkter om maskinen är svårstädad och det finns risk för kontaminering. Det får inte förekomma partiklar eller delar av en tidigare produkt då man startar upp en ny produkttillverkning
- PLC - Programmable Logic Controller. Digital styrning av stegmotorer och linjärmotorer. Via datorprogram ger styrningen (logiken) impulser till enheterna. Stegmotorer och linjärmotorer kräver givna koordinater och timing för att de skall kunna utföra sina uppgifter på rätt sätt.
- Polymer - I dagligt tal, plast. Polymerer är långa kemiska föreningar som inte annars uppkommer i naturen. Eftersom polymerer inte leder ström så samlas det stora mängder statisk elektricitet i dessa. Polymererna, samt damm från dessa, fastnar därför på de flesta ytor i fall de inte avjoniserats.
- Avjoniserare - Med hjälp av högspänning kan man jonisera luften med positiv laddning som man sedan blåser, med hjälp av fläkt, mot en polymer för att neutralisera statisk elektricitet. Därmed fastnar inte dessa i samma utsträckning på verktyg och övriga ytor.
- Codesys - Styrprogram för PLC. Innehåller i princip allt från gränssnitt till servostyrning.
- Gränssnitt (Interface) – Överföring av information från hårdvara till mjukvara, i detta fall operatörens kommunikationsanordning för PLC.
- Touch Probe - Givare med känselspröte som reagerar på beröring.
- Fotocellridå - Kan användas vid övervakning. En ljusstråle sänds från en sändare och tas emot av en mottagare på andra sidan av en öppning. Om strålen bryts kan en stoppfunktion aktiveras.



# 1. INLEDNING

Detta arbete har vi fått till uppdrag av utvecklingsavdelningen på Optinova Ab. De vill att vi skall skapa en testbänk som de kan använda till för att utveckla prototyper och verktyg för att förbättra förhållandena i efterbearbetningen och effektivisera produktionen. Målet kommer att vara att få en effektiv och mångsidig plattform för de verktyg som kommer att användas, som även kommer att vara användarvänlig. Rapporten kommer att innehålla en förstudie, med utredningar, fakta, koncept och arbetsmetoder. Den kommer även innehålla en slutgiltig design med de färdiga koncepten, samt slutresultat. I denna rapport kommer vi dock att vara tvungna att utelämna strategiska mått, vinklar, ritningar och detaljbilder på tillverkningstekniska detaljer samt bilder inifrån fabriken pga av produktionsteknisk sekretess. Vi får inte heller diskutera materialsammansättningen i detalj i produktionsmaterialet samt tekniska egenskaper. Representanter för Optinova Ab har läst igenom dokumentet och gett sitt godkännande innan publikationen av detta arbete.

## **1.1 Syfte**

Vi skall designa en modulär testbänk som skall kunna göra flera av de arbetsmoment som nu kräver flera olika arbetsstationer inom efterbearbetningen av medicinsk slang. Syftet med testbänken är att tillverka prototyper i liten skala samt att testa fram koncept för bearbetning innan byggnation av produktionsutrustning. Enklare beskrivet så kommer testbänken att användas för att testa nya idéer och verktyg innan de läggs i produktion. Testbänken skall ha standardiserade gränssnitt för mekanik, el och programmering, samt förbestämda moduler som kan kombineras för att skapa olika typer av verktyg eller verktygsmoduler för bearbetning av slangen. Dessa kan vara motormoduler, linjärmoduler, temperatur/värmemoduler eller pneumatikmoduler beroende på verktygstyp och vilken typ arbete som det kommer att utföra. Manövrering av modulerna kommer att ske antingen manuellt med fysiska reglage eller halvautomatisk med styrsystem. Eventuella styrsystem skall vara modulbaserade i enlighet med maskinen i övrigt. Det skall finnas möjlighet att köra modulerna i sekvens, där en avslutad manöver på en modul triggar start av en annan.

### **1.1.1 Avgränsningar**

Det vi har valt att ta bort är programmering, logik, elektronik och framställandet av verktygsmoduler, detta på grund av att programmeringen och det eltekniska ligger utanför vårt program och skapandet av modulerna kommer att vara alltför omfattande. Det vi kommer att satsa på är att skapa en bra, multifunktionell design som tillåter enkel och smart fastsättning av moduler. På önskemål av produktionspersonalen kommer vi dock att satsa på att utveckla en verktygsmodul för spetsslipning. Spetsslipningen är ett av de mest oergonomiska och hälsofarliga arbetsmomenten som operatören utsätts för, i synnerhet pga. dammet som uppkommer vid slipningen.

### **1.1.2 Metoder**

Metoderna som används kommer främst att bestå av att ta fram designen i Autodesk Inventor, samt efterforskning och brainstorming. Till en början måste våra kunskaper för programmet

Inventor uppdateras och förbättras. I efterforskningen ingår att ta reda på tillgängliga profiler och material som finns tillgängliga för den fysiska konstruktionen, samt möjligheter för manövrering och kabeldragning. De flesta komponenttillverkare har CAD-modeller av sitt sortiment på sina hemsidor vilket underlättar arbetet med att integrera dem i designen.

## **2. DESIGNKRAV**

I vår design måste så många arbetsmoment som möjligt kunna implementeras, utan att kvaliteten på arbetet äventyras. Maskinen måste även vara lätt att hålla ren. Den bör även vara enkel att använda och göra service på. Några krav som vi måste beakta tas upp i nedanstående stycke.

### **2.1 Renrumskrav**

Detta gäller egentligen en konstruktion som skall ingå i produktionen i renrumsmiljö och vår testbänk kommer enbart att användas för utveckling av verktygsmoduler i verkstadsmiljö. Dock skall verktygsmodulerna så långt som möjligt förberedas för dessa krav så steget till en produktionstekniskt godkänd konstruktion blir så litet som möjligt.

I renrumskraven ingår att det inte får finnas bl.a. oljiga skenor eller damm och smuts. Det innebär att designen måste vara lätt att rengöra, ha släta ytor och inga onödiga skrymslen som försvårar en Line Clearance. Verktygsmodulerna måste troligtvis bli utrustade med ett utsug, som kommer att suga ut dammet som uppkommer till vid spetsslipningen och gaserna som kommer att uppstå vid bla svetsning.

### **2.2 Företagets godkännande**

Innan tillverkning av bänken måste ingenjörerna på Optinova godkänna designen. Verktygen som tillverkas i testbänken skall motsvara de krav som finns i produktionen, eftersom verktygen skapas för produktionen. Även huvudkomponenterna som används i testbänken skall gärna vara kompatibla med de som används i övrig utrustning inom produktionen för att lätt kunna integrera de nya verktygen på ett smidigt sätt i produktionen.

### **2.3 Kundernas godkännande**

Prototypen kommer inte direkt att beröras av att behöva valideras av kunderna då den i huvudsak kommer att användas till utveckling av nya verktyg men vi bör ha det i åtanke om designen enkelt skall kunna utvecklas vidare för produktion. Varje ny konstruktion som implementeras i produktionen kräver dock inspektion och godkännande av kunderna som

kräver noggrann testning av produkterna. Produktens egenskaper får inte påverkas negativt pga. produktionstekniska förändringar. Det innebär att slangen inte får uppvisa klämmärken, repor, veck eller andra skador.

## **2.4 CE-märkning**

En maskin som skall kunna fungera i produktionen måste CE-märkas för att kunna valideras. Det är ett bevis för att konstruktionen har godkänts i en besiktning enligt ett protokoll, som tagits fram inom företaget, för att kunna garantera operatörernas säkerhet.

Eftersom denna konstruktion inte i första hand kommer att användas inom produktionen så behöver den inte egentligen CE-märkas. Däremot måste konstruktionen följa protokollets riktlinjer under byggnadsskedet för att kunna anses vara säker, i detta fall för personalen på utvecklingsavdelningen. Det bör ändå noteras att detta endast är rekommendationer och inget krav. (Karac, 2012)

## **2.5 Säkerhet**

Det är brukligt att en produktionsteknisk konstruktion är inkapslad, har öppningsbara luckor av plexiglas eller är försedd med ljusridå/fotocell som aktiverar en kontrollerad nerstängning av maskinen.

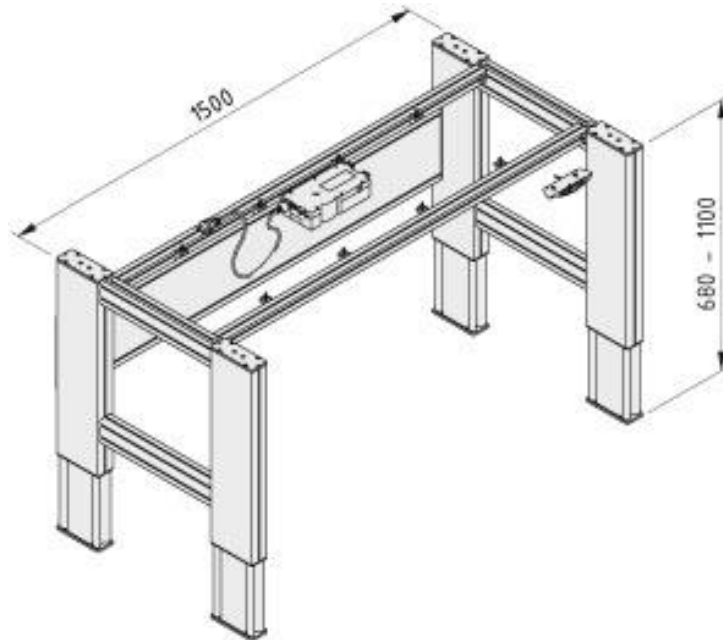
Dessa arrangemang är dock opraktiska och inte nödvändiga för en arbetsbänk som är ämnad för utveckling av verktyg. Däremot är det av vikt att farliga, vassa eller heta verktyg är skyddade mot beröring. Även motorerna bör utrustas med momentbegränsning eller överströmsskydd. På så sätt utvecklar inte motorerna mera kraft än de behöver för att utföra sitt arbete. Om operatören råkar fastna i maskinen så skall inga personskador kunna uppstå. Även gaser och damm från produkterna måste kunna evakueras utan att belasta operatörernas hälsa. Riktlinjerna för elsäkerhet måste naturligtvis också följas.

### 3 KONSTRUKTION

Testbänken kommer i huvudsak att bestå av en bottendel för fastsättning av verktygsmodulerna, slangmatningsmodul med klippenhet, ovanliggande griparm för slangtransporten till verktygsmodulerna, jonisatorfläkt och utsug. Detta kommer att ligga på ett standardbord som även kommer att rymma elskåp för elförsörjning och logik. Runt bänken kommer vi bygga upp en ram som kommer att innesluta alla komponenter. Denna ram kommer att vara byggd av aluminiumprofiler av samma standard som Optinova använder till många andra konstruktioner. Fördelar med att använda dessa är att det finns många färdiga tillbehör som vi kan använda för bl.a. fastsättning till slangar, sladdar, utsug, mm.

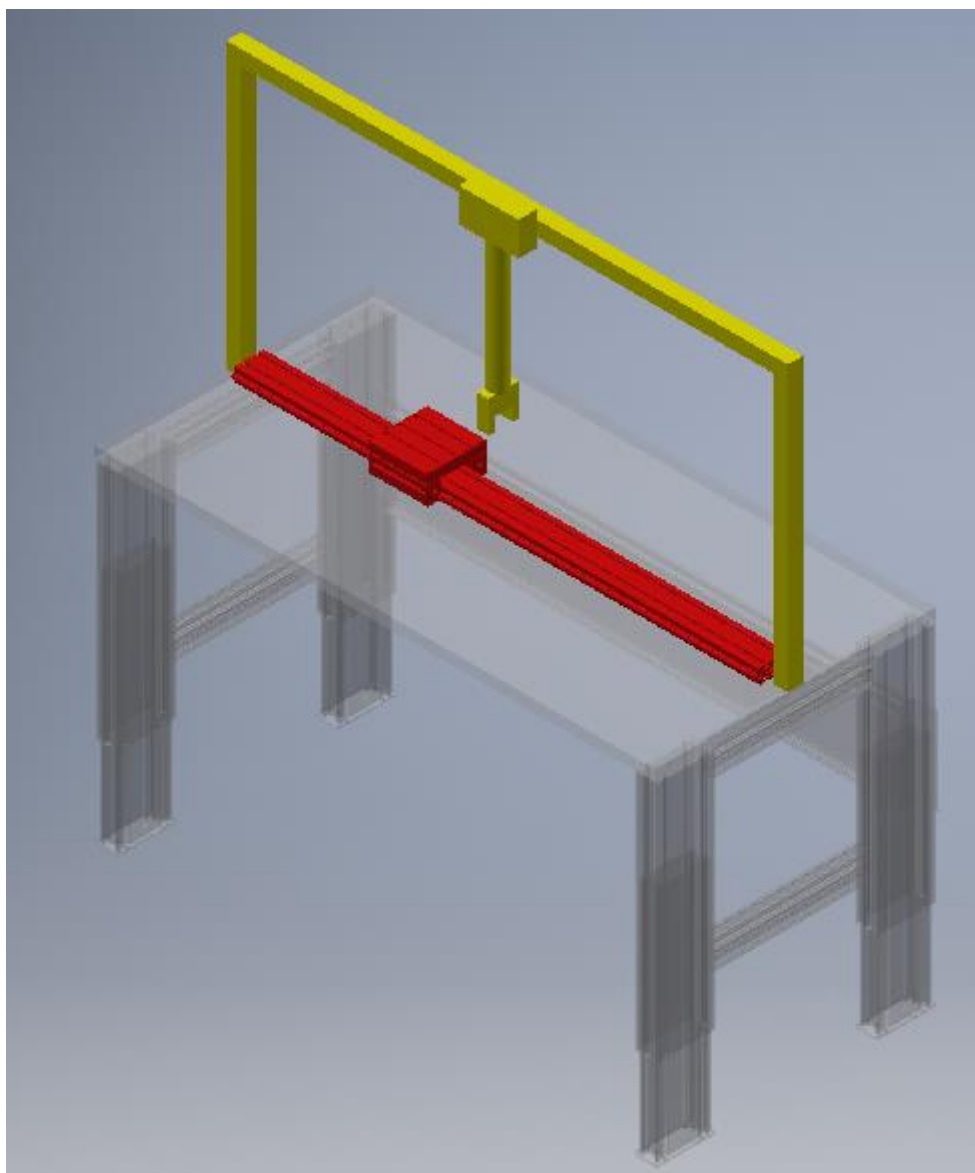
### 3.1 Översikt

Grunden till bänken kommer vara ITEM:s 4E arbetsbord, som är ett stabilt, i höjddled justerbart bord och som använts tidigare av ingenjörerna på Optinova. Denna modell är den kraftigaste i sitt slag i sortimentet från Aluflex (figur 1).



*Figur 1 – ITEM:s 4E heavy duty workbench. Detta arbetsbord kommer vi använda som grund för vår testbänk. (Itemprofil)*

Det som vi vill åstadkomma med bänken är ett enkelt system för att kunna flytta omkring och låsa fast verktygsmodulerna som kan behöva användas, samt ett bra system för slangen att transporteras mellan verktygsmodulerna. Därför kommer vi i det här arbetet att presentera några koncept för dessa metoder, dvs. verktygsinfästningen och för transport av slangen. I figur 2 visas en konceptbild av vad som skall göras.



*Figur 2 - En översiktsbild av hur bänken kan tänkas se ut och vad vi kommer att göra. Som grund är ITEM:s 4E-bord, i transparent. Ovanpå bordet finns en gripklo som kommer transportera slangen (gult) och ett att fästa verktygen (rött). Det är dessa som vi kommer att utveckla och hitta alternativ till. (egen bild)*



## 3.2 Ramkonstruktion

Ramen, om man utgår utifrån konceptbilden, kommer att vara det som håller upp gripklons manöversystem. I senare skeden kommer ramen även att hålla upp och stöda utsugsmunstycken, elkablar och tryckluftslangar. Det egentliga kompabilitetskravet vi har på designen är att den bör byggas upp av aluminiumprofiler och eventuella glidskenor som är kompatibla med ITEM-standarden. Fyrkantsprofiler möjliggör sammankoppling med övrig utrustning tack vare fästspår som löper längs samtliga sidor. Manöverpaneler och eventuell arbetsbelysning använder samma standard. Endast insexskruvar av metrisk standard får användas. Specialtillverkning av verktyg, fästplattor och inkapslingar görs så långt det är möjligt på Optinova eller specialbeställs av befintliga leverantörer. Ramen måste vara stabil och inte röra på sig trots att krafterna som påverkar den kan vara stora och variera i riktning, annars blir precisionen och bearbetningsresultatet lidande. (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017)

## 3.3 Manöveralternativ

För att bänken skall kunna vara semi- eller helautomatisk så behöver vi något som driver och flyttar på komponenter som t.ex. gripverktygen för slangtransport eller modulplattorna, om de kommer att kunna flytta sig själva. Det finns många motoralternativ, men vi har valt ut några som vi har funnit intressanta. Här är de två huvudsakliga motoralternativen som vi har diskuterat om att använda i designen.

### 3.3.1 Linjära motorer

Linjära motorer fungerar på det viset att det finns en stator som glider på en magnetstång och utnyttjar magnetismen i magnetstangen för att röra sig, se figur 3 för utseende. Dessa motorer är väldigt snabba, exakta och har lång livslängd, därför är de ett intressant alternativ. De är dessutom i princip helt underhållsfria. Om vi bygger upp designen med gripklo som är rörlig i XYZ-led (höjd, bredd och djupled), för transport av slangen till verktygsmodulerna, så är linjära motorer det mest attraktiva alternativet utgående från renhållning och mekanisk enkelhet. T.ex. Faulhaber QuickShaft har en solid stator med självbärande lindningar och en mångpolig magnetstav som tryckstång. De har hög prestanda i förhållande till storlek, är

tysta, samt i princip underhållsfria. Tekniken är förhållandevis ny och tillverkarna är än så länge fåtaliga, därav de rätt höga priserna i jämförelse med skruvstångslinjärer, som i princip består av en gängstång med kulstyrning, och remdrivna linjärer. Däremot kan de komma att betala sig på sikt då de förväntas ha en längre livslängd i jämförelse med de skruv- och remdrivna linjärmotorerna som dessutom kan börja glappa efterhand som de slits. Den mest övervägande aspekten är dock snabbheten och kraftmomentet på linjärmotorerna. (Movetec)



*Figur 3 - Standard linjära motorer. Här ser man statorn påträdd på magnetstången. (Movetec)*

Optinovas ingenjörer har tidigare erfarenheter av linjärmotorer från Linmot. Men dessa kräver dock glidskenor för avlastning av rotationskrafter, då tryckstången är rund.

Vi undersökte andra alternativ och fastnade bland annat för Linax motorer som är byggda för att kunna användas utan hjälpskenor. De har inbyggda skenor som stöder motorerna vilket kan ses i figur 4 nedan. Dock tillåter de inte riktigt de krafter som vi skulle önska och marginalerna skulle bli onödigt snäva. Vi gjorde trots det offertförfrågan hos JennyScience som utvecklat Linax-produkterna, för jämförelse med Linmot. Vi skrev även till Faulhaber, Aerotech, Hiwin och Etel som gör linjärmotorer och bad om rekommendationer och priser på deras produkter. Aerotech, Etel och Hiwin har även linjärmotorer som är integrerade i profilskena, precis som Linax, vilket skulle göra hjälpskenor överflödiga. Priserna är rätt jämna mellan de olika linjäerna och valet kommer hamna på Linmot som är beprövad teknik hos företaget. Vår version av testbänken kommer därför att bygga på Linmots teknik då Optinova dessutom tillhandahåller ett stort sortiment av ITEM:s profiler och tillhörande glidskenor som dessa linjära motorer kommer att kräva.



*Figur 4 - Linax motorer från Jenny Science. Dessa fungerar enligt samma princip som de tidigare linjärerna, men istället för en stång så fungerar det mera som en magnetisk skena med statorn som en kälke med fästhål. (Jenny Science)*

### 3.3.2 Planarmotor (XY-motor)

Planarmotor, även kallade Sawyermotor, består i princip av en plan stator med en platta istället för rotor. Plattan kan röra sig fritt omkring i alla led på statorn och kan även rotera vilket gör den väldigt flexibel (figur 5). Tack vare magnetisk levitation uppstår ingen mekanisk friktion och det behövs inga mekaniska lager eller bussningar. Denna motortyp skulle vara ett intressant alternativ om vi håller oss till en design med fixerad slangtransport och låter verktygsmodulerna röra sig individuellt och lägga sig i önskad position för att kunna utföra arbetet. Den skulle även vara ypperlig ur renhållningssynpunkt då den är mekaniskt enkel och inte exponerar någon oljig glidskena som dammpartiklar kan fastna på. (Movetec)

Tyvärr är utbudet tills vidare begränsat pga få tillverkare av XY-motorer. De används främst inom elektronikbranschen, i synnerhet i samband med tillverkning av integrerade kretsar. Dock är dessa motorer för små för verktygsmodulerna som är tänkta att användas i vår design. De tyngsta verktygen kan väga upp till 10 kg per modul, vilket medför stora krav på såväl hållfasthet hos motorerna samt kraft att kunna flytta och stoppa modulernas rörelse med mikrometerprecision. Vi begärde dock offert och utförligare produktdata av Aerotech och Hiwin som förutom linjärmotorer även tillverkar planarmotorer för elektronikindustrin. Hiwin's LMSP-serie med luftkuddeteknik är dock tillräckliga i storlek, kraft och precision, men med statorvikter på 50-250 kg beroende på statorytan blir det nästan omöjligt att använda dessa för en mobil bänkkonstruktion. Motorerna får i detta fall endast bli en intressant tanke, eventuellt kan de ha en framtid i andra projekt.



*Figur 5 - Sawyermotorn, man ser den svarta statorplattan som är rörlig i XY led. (Movetec)*

### **3.4 Koncept för verktygsinfästning**

Här följer några koncept och alternativ för fastsättningen av verktygsmodulerna, vilket är en av de punkter som Optinova ville att vi skulle utveckla. Det som vi skall ta i beaktande här är att verktygen lätt skall kunna flytta omkring och att de ska ha enkla, flexibla fastsättningsanordningar. Alla koncept nedan har till grund, att verktygen kommer att ha en speciell standardiserad fästplatta som är anpassad till varje design. I alla dessa koncept har vi utgått ifrån en slangtransport med griparm.

#### **3.4.1 Bänk med fritt flyttbara moduler**

Med fritt flyttbara moduler menar vi att modulerna kommer att kunna placeras fritt på arbetsytan där de skall fästas. De kommer inte att vara fastlåsta varken i skenor eller balkar, utan kommer att sitta fast med andra fästordningar. Förutom att man får en enorm frihet i placeringen av verktygsmoduler så innebär den här designen att vi kan använda en enklare design för griparmen, där armen endast behöver röra sig i höjdlid och sidled. Eftersom vi kan flytta modulerna i både djup och sidled (X,Y-led), så kan vi anpassa modulerna efter griparmens placering istället för tvärtom.

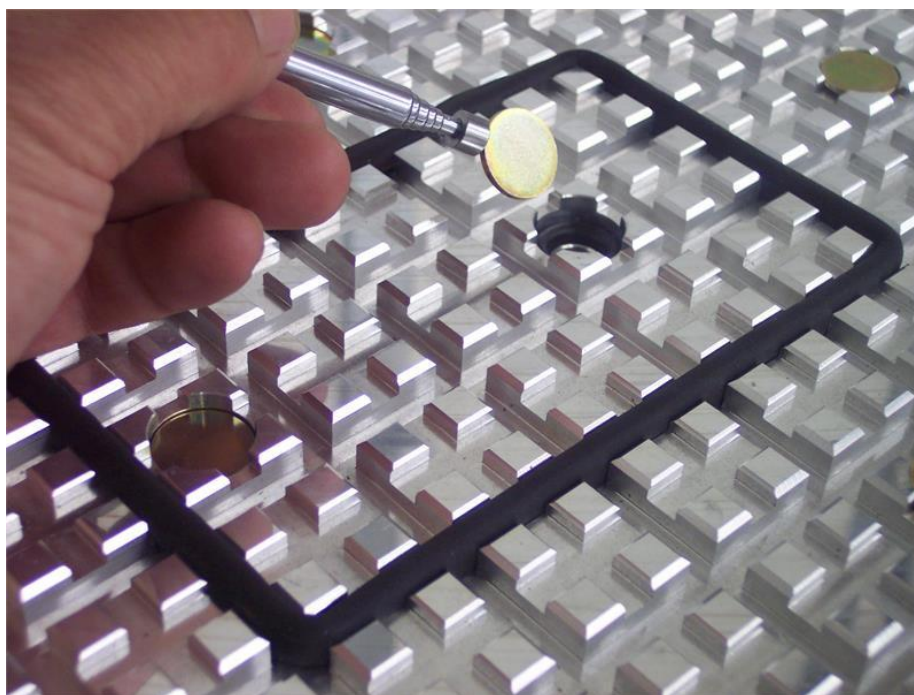
##### **3.4.1.1 Koncept 1: Lego bänk**

Idén bakom designen är att ha en legoplatta som är fastsatt på en skiva som gör att legoplattan blir styvare och tål mera belastning. Alla verktygsmoduler skulle då fästas på en platta som har motsvarande legoklossar under sig, så att man kan fästa dem var man vill. Detta skulle möjliggöra fritt flyttande av verktygsmodulerna och snabb fastsättning. Eftersom

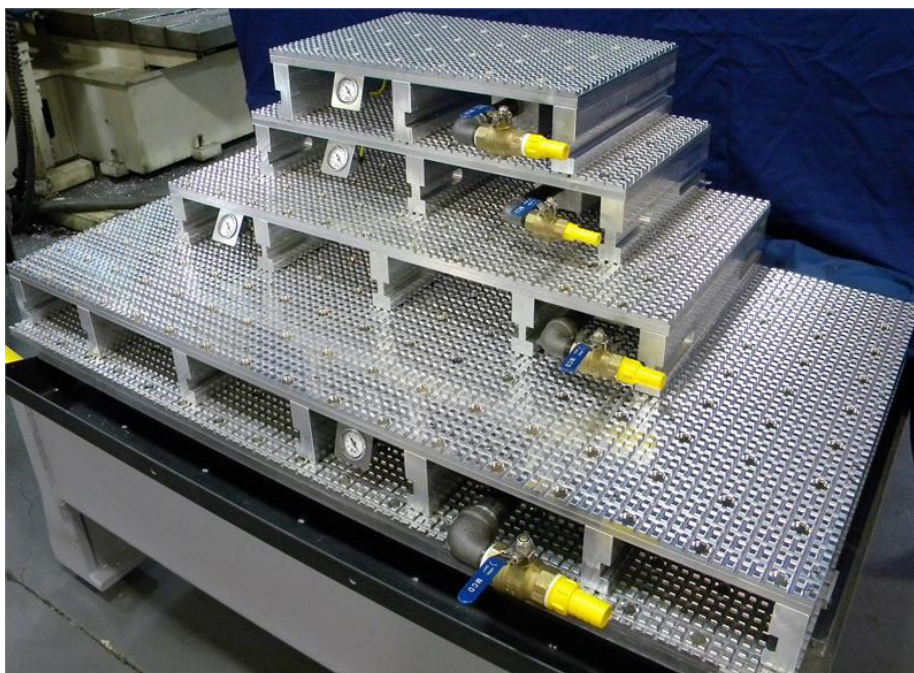
krafterna inte är stora och riktade mot sidorna och inte uppåt så borde legoplattan kunna hålla modulerna på plats. Idén kan tänkas barnslig, men den täcker de behov som vi har. Den kommer att även vara enkel och billig att testa i praktiken då lego är lätt att få tag på och billigt i jämförelse med tekniska komponenter. Nackdelar med denna konstruktion är att slitaget kan bli stort då lego är tillverkat i plast och verktygsmodulerna kan bli mycket tunga (upp till tio kg). Slitaget kommer göra att verktygen kan börja röra på sig och kanske inte hålls på plats. Görs verktygen lättare så kommer kraften som trycks mot plattan att minskas och modulerna kommer återigen att sitta lösare.

#### 3.4.1.2 Koncept 2: Vakuumlåsta modulplattor

Efter en brainstorming på Optinova fick vi en idé om att man kunde använda sig av vakuumbord, av samma typ som används i CNC-fräsmaskiner, som håller fast verktygen med hjälp av vakuum (undertryck). Bordet består i princip av en aluminiumskiva med ett nätverk av spår som är urfräst i godset. Systemet är i princip självrensande i o. m. undertrycket i spåren, som även evakuerar spån och damm till en viss mån via vakuumpumpen (Se figur 6 och 7). Pumpen klarar ett undertryck på ca 0,95 bar (ca 0,05 bar<sup>abs</sup>) vid ett flöde på ca 425 l/min. (Figur 8) Om verktygsmodulernas fästplattor motsvarar ett A4 ark i storlek skulle detta innebära att de sugts fast mot bordet med en kraft av ca 6032N, d.v.s. över 600kg. I det fallet tar man dock inte ställning till förlusterna i bordet och rördragningarna i form av läckage. Det här ställer stora krav på kvaliteten på fästplattorna. De måste vara absolut plana och blankpolerade utan repor, och därtill måste man även ta i beaktande att det kan komma skräp mellan tätningsytorna. Det obeaktat så räcker hållkraften i bordet mer än väl till för vårt bruk.



Figur 6 - Närbild på vakuumbordet. Notera brickorna och tätningen som möjliggör ett starkt grepp om fästplattorna även om de skulle vara små. (NEMI)



Figur 7 - Ett urval kompletta vakuumbord med röranslutningar, ventiler och manometrar som anger undertrycket. (NEMI)





*Figur 8 - Rotary Vane Vacuum Pump 15CFM 28.5" (NEMI)*

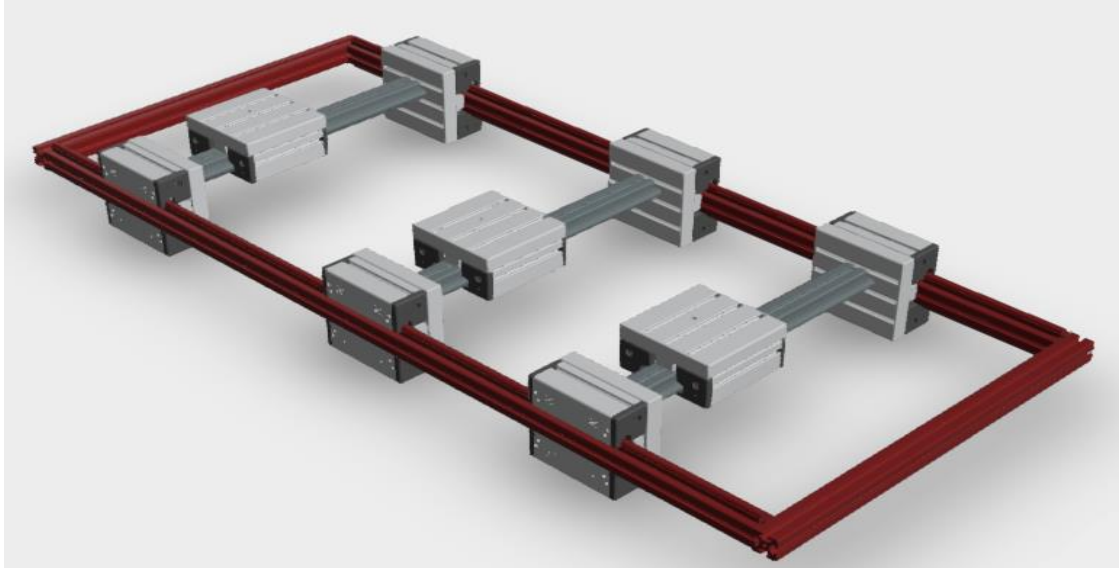
### **3.4.2 Bänk med fastlåsta moduler**

I koncepten nedan så kommer modulerna att låsas fast på egna räls och inte ha samma grad av rörlighet som hos de fritt flyttbara modulerna.

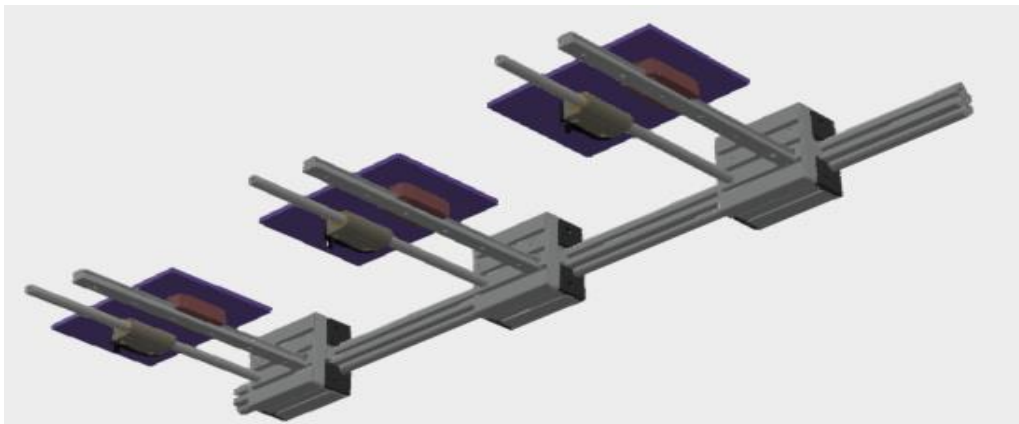
#### **3.4.2.1 Koncept 3: Genesis**

Genesis är en av våra första designer där vi planerade att använda PLC för manövrering av modulerna. Genesis är tänkt att kunna hålla tre olika verktyg samtidigt på egna verktygsplattor. Man skall kunna flytta verktygen för hand i sidled och låsa fast dem på lämpligt ställe. Plattorna kommer sedan att kunna flyttas i djupled med hjälp av linjärmotorer. Detta möjliggör att verktygsmodulerna kan flyttas fram efterhand som arbetsmomentet kräver det och även flyttas bakåt, ur vägen, när de inte används, för att ge plats för följande verktygsmodul. Systemet var tänkt att vara flexibelt och användarvänligt, men är i slutändan rätt så invecklat. Den här versionen kräver tre stycken linjärmotorer, vilket också gör den till ett onödigt komplicerat och dyrbart alternativ. Den kräver dessutom en rätt stor bordsyta vilket begränsar användandet av befintliga arbetsbord. Det positiva med designen är att den, liksom de fritt flyttbara designerna, kan användas med den enklare designen av griparmen, då

modulerna här också kan flyttas i både X och Y led. Samtidigt skulle denna design vara rätt enkel att helautomatisera vid behov. Nedan följer två bilder från utvecklingen av bänken i Inventor, se figur 9 och 10.



*Figur 9 - Grundkonceptet för Genesis, vår första idé. Verktygsmodulerna skall fästas på en av de tre plattorna och skall sedan kunna röra sig i djupled med hjälp av en linjärmotor. Vid behov kommer modulerna även att kunna flyttas i sidled och när de är på plats så skall det gå att låsa skenan som de rör sig på.(Egen bild)*



*Figur 10 - En av de första ritningarna som gjordes av Genesis, här kan man se linjärmotorerna som sitter fast vid mindre skenor. Här syns även den standardiserade bottenplattan för verktygen (de blå plattorna). Den här designen användes inte då vi ansåg att mitterskenorna var för små och att linjärerna skulle ta upp för mycket vikt.(egen bild)*

#### 3.4.2.2 Koncept 4: RAIL 1

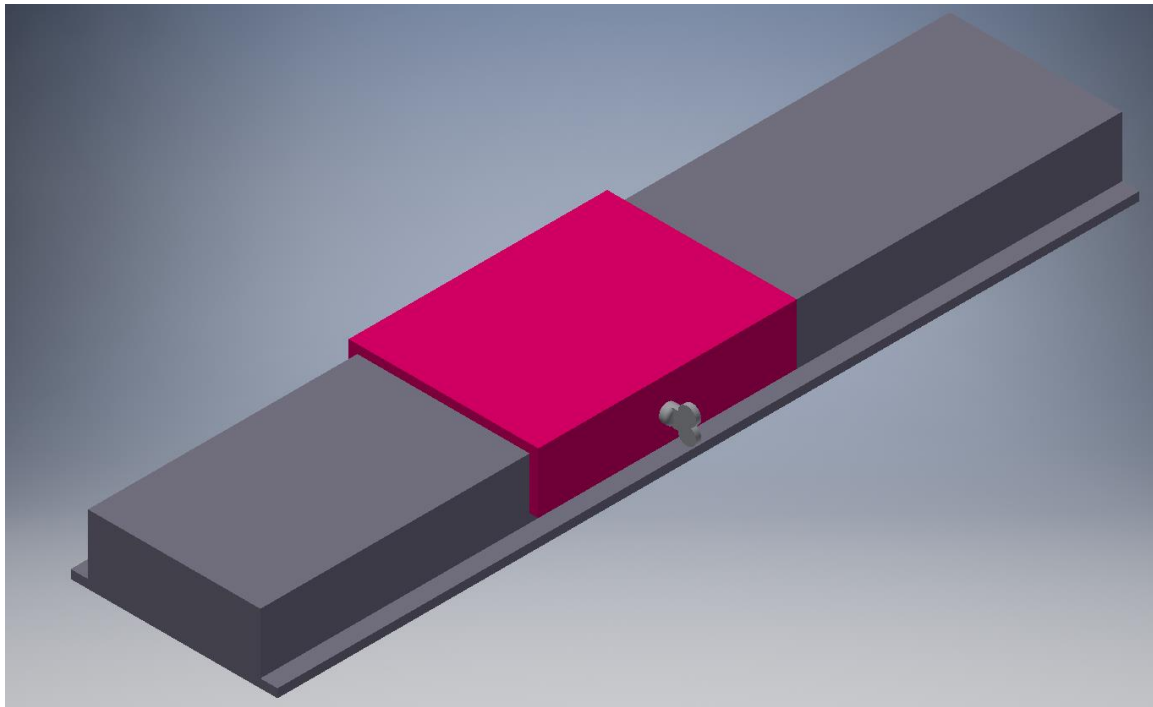
Vi fick ett förslag på en idé som bygger på T-spår som används bl.a. till fräsbänkar och pelarborrmaskiner (figur 11). (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017)





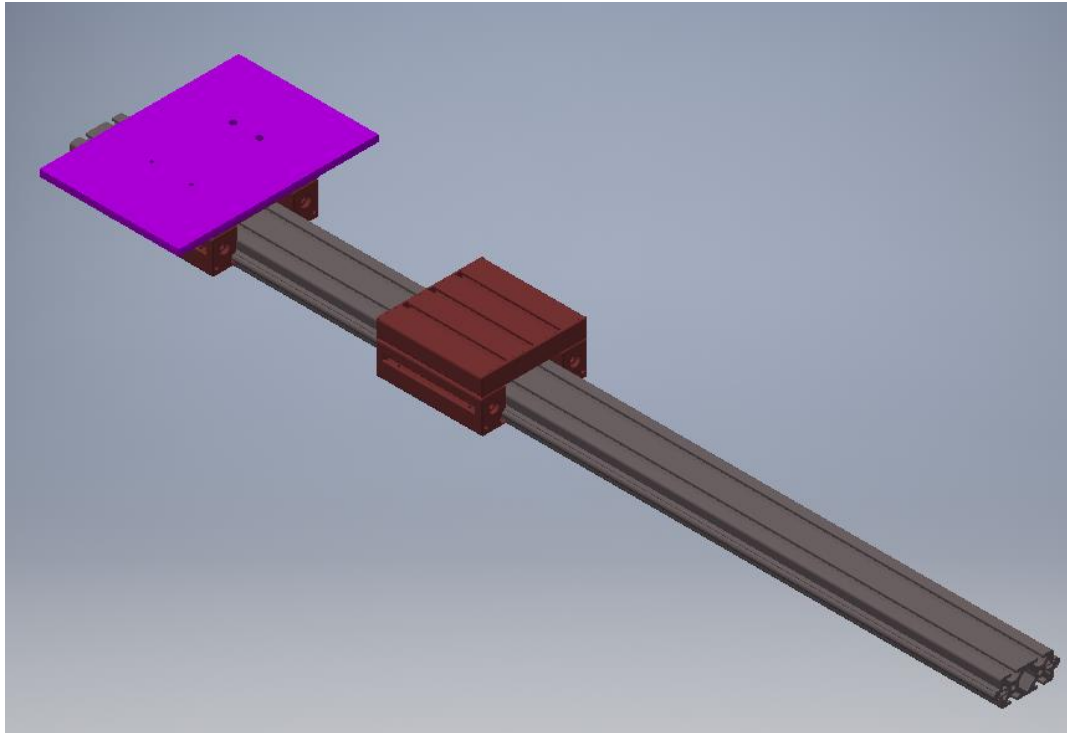
*Figur 11 - Ett vanligt system med T-spår som kan finnas på bl.a. fräsbänkar och pelarborrmaskiner. Det fungerar genom att man skjuter in anpassade bultar in i spårerna, så att gängorna sticker upp. Man kan sedan spänna fast olika verktyg eller hållare med muttrar på bultarna. T-spår finns också på ITEM:s aluminiumprofiler. (Schuchardt Maskin)*

Utifrån denna idé så funderade vi ut en annan design som skulle bestå av en större balk där en sorts hållare skulle vara fäst i verktygsplattan och som skulle kunna låsas. Den skulle fungera lite som en tågskena men med låsning (figur 12).



**Figur 12 - Den utvecklade konceptidén till Rail. Man kan se den gråa balken, som skulle vara grunden. Ovanpå den kan man se själva "vagnen" (rödrosa) där verktygen skulle kunna fästas. Det finns även en liten skruvlåsning inritad på sidan (ljusgrått). (egen bild)**

Från tågskenan tänkte vi ett steg längre och kollade i ITEM:s kataloger. Där konstaterade vi att det finns en liknande skena som Genesis använder, fast med måtten 80x40 mm (figur 13), så istället för att skapa en egen skena så kom vi fram till att en beställd skena gjord för ändamålet är vettigare.



*Figur 13 - Ritningen av Rail1. Idén är att verktygsmodulerna ska fästs på verktygsplattan (lila). Plattan kommer att sitta fast på de röda vagnarna som kan glida längs med profilen (grått) och låsas fast på önskad plats.(egen bild)*

Designen som vi kallar Rail 1 är ganska enkel i sin helhet och lätt att förstå. En standardiserad verktygsplatta kommer att fästas på vardera vagnen och man kan teoretiskt använda så många vagnar som får plats på skenan. Vagnarna kommer man sedan att kunna låsa fast var man vill i sidled så att modulerna inte flyttas under användning. I denna design så kommer det finnas ett behov av en griparm som kan röra sig i alla tre led (XYZ), eftersom balken är statisk och inte kommer att kunna röra på sig.

### 3.4.3 Diskussion och gallring av bänkkoncept

I samråd med Optinova har vi valt att använda **Nemis Vakuumbord** som grund för att fästa verktygen. Detta på grund av att vakuumbordet tillåter att vi kan placera modulerna precis hur vi vill och att konstruktionen redan är ett beprövat koncept som används till pelarborrmaskiner och fräsbänkar, så vi vet att det kommer att kunna hålla fast modulerna. Den negativa aspekten med bordet är att den måste ha en vakuumpump som ständigt arbetar och bibehåller vakuum, alltså drar energi så länge som bordet är i drift. Detta kan vi dock

delvis förbise, eftersom hela testbänken är för prototyputveckling och inte kommer att gå dygnet runt, utan i etapper när nya idéer testas. **Legobordet** var en väldigt enkel och billig idé, men som vi nämnt i texten, kommer vi att ha problem med hållbarheten och att kunna säkerställa att verktygen inte rör på sig. **Genesis** är ett ganska flexibelt koncept, men den har stora nackdelar i jämförelse med andra. För att bara kunna sätta fast verktygen, så har Genesis en väldigt invecklad design med mycket rörliga delar. Den är även begränsad till tre stycken arbetsmoduler och väldigt dyr då grundkonceptet använde 3 stycken linjära motorer. När vi tog fram Genesis hade vi i åtanke en helautomatisk bänk som hade behov av att själv kunna flytta på modulerna, men när tiden gick vidare konstaterades det att modulerna inte alls behövde vara rörliga, utan hellre skulle kunna placeras där de passar in och sättas fast. Det innebär att det mesta som vi hade planerat med Genesis är överflödigt och varken kommer att användas eller behövas, därav så kommer vi inte att använda den designen. **Rail 1** är en bra kandidat i vår design, då den är både billig och täcker våra behov. Rail 1 ger en väldigt stabil grund i.o.m. den grova balken som vagnarna vilar på, samt så är det väldigt lite rörliga delar som kan krångla. Det är en av de bättre lösningarna och ett alternativ att falla tillbaka på ifall vakuumbordet inte fungerar. Orsaken till att vi inte tog Rail 1 är dels för att det kräver en mer invecklad griparm då verktygen inte kommer kunna placeras i sidled, samt att vakuumbordet är en relativt ny och intressant teknik som kan tillämpas inom andra områden på utvecklingsavdelningen. Av dessa anledningar så är Nemis vakuumbord den vinnande kandidaten bland våra koncept.

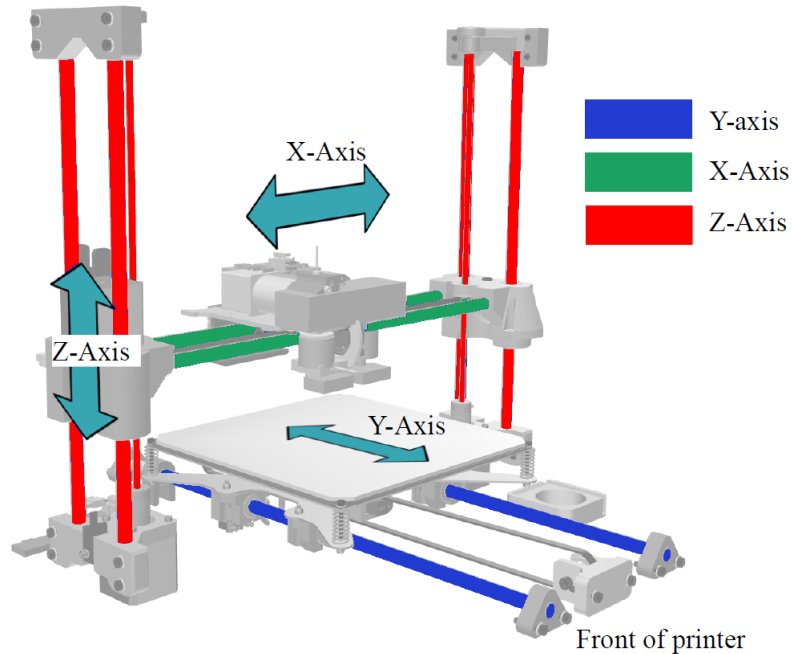
## 3.5 Slangtransport

Här följer en studie och alternativ i hur slangen skall kunna flyttas mellan verktygsmodulerna för bearbetning.

### 3.5.1 Griparm

Vid planeringens första skede var vi överens om en design med fixerad bottenplatta med modulerna fastlåsta i denna varvid man kunde ha en griparm, rörlig i XYZ-led, upphängd i linjära skenor i kabinettets övre del. Inspirationen tog vi ifrån 3D-printrar som har ett extrudermunstycke som kan röra sig i dessa led (figur 14). Vi såg även en liknande design på en bänk i Optinovas utvecklingsavdelning som använde ett liknande system. Enligt det

konceptet så kunde griporganet röra sig i höjddled och i sidled, eftersom det inte fanns behov av någon rörelse i djupled. Rörelsen skedde med linjärmotorer, en längre för sidled och en kortare i höjddled.



*Figur 14 - Uppbyggnaden av en 3D printer. Vi ville använda oss av samma princip på vår testbänk. Griporganet i vårt fall kommer att befinna sig där extrudern är i bilden, alltså ovanför den rörliga bottenplattan. (Infinity3D)*

#### 3.5.1.1 Alternativ 1: Pneumatisk gripklo (gripper)

För att greppa slangen kan man använda en pneumatisk styrd gripklo (SMC) med silikondynor för att inte skada slangen. Den tekniken är beprövad inom företaget och används i olika versioner i de flesta automatiserade applikationer för efterbearbetning av medicinsk slang inom produktionen. Detta alternativ skulle vara ett säkert kort i detta fall. Vi skulle dessutom ha möjlighet att använda oss av befintliga delar från företagets verkstad i detta fall varför vi troligtvis kommer att välja denna lösning (figur 15). (SMC) (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017)

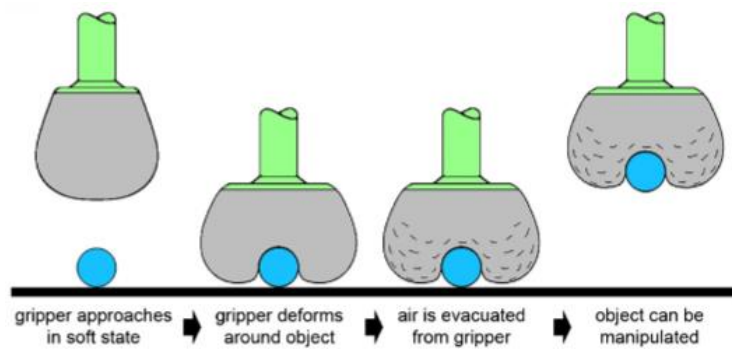


*Figur 15 - Pneumatisk parallellgriper av liknande typ som använts sedan länge inom företaget. Denna är dock inte utrustad med silikondynorna. (SMC)*

#### 3.5.1.2 Alternativ 2: Versaball gripkudde

Ett rätt nytt men intressant alternativ till den traditionella gripklon är en kudde fylld med mikrogranuler som är rörliga tills luften sugas ur kudden. Då formar sig kudden efter föremålet, i detta fall slangen, och kan hålla den i ett fast grepp (s.k. jamming). Detta kan liknas vid ett vakuumförpackat kaffepaket. Denna teknik är enkel och skonsam för slangen då den inte utsätts för stora mekaniska påfrestningar. Den är även ofarlig för operatörens fingrar om de mot förmodan skulle komma i vägen för gripkudden. Kuddarna är mekaniskt slitstarka och garanterat renrumssäkra. (Empire Robotics)

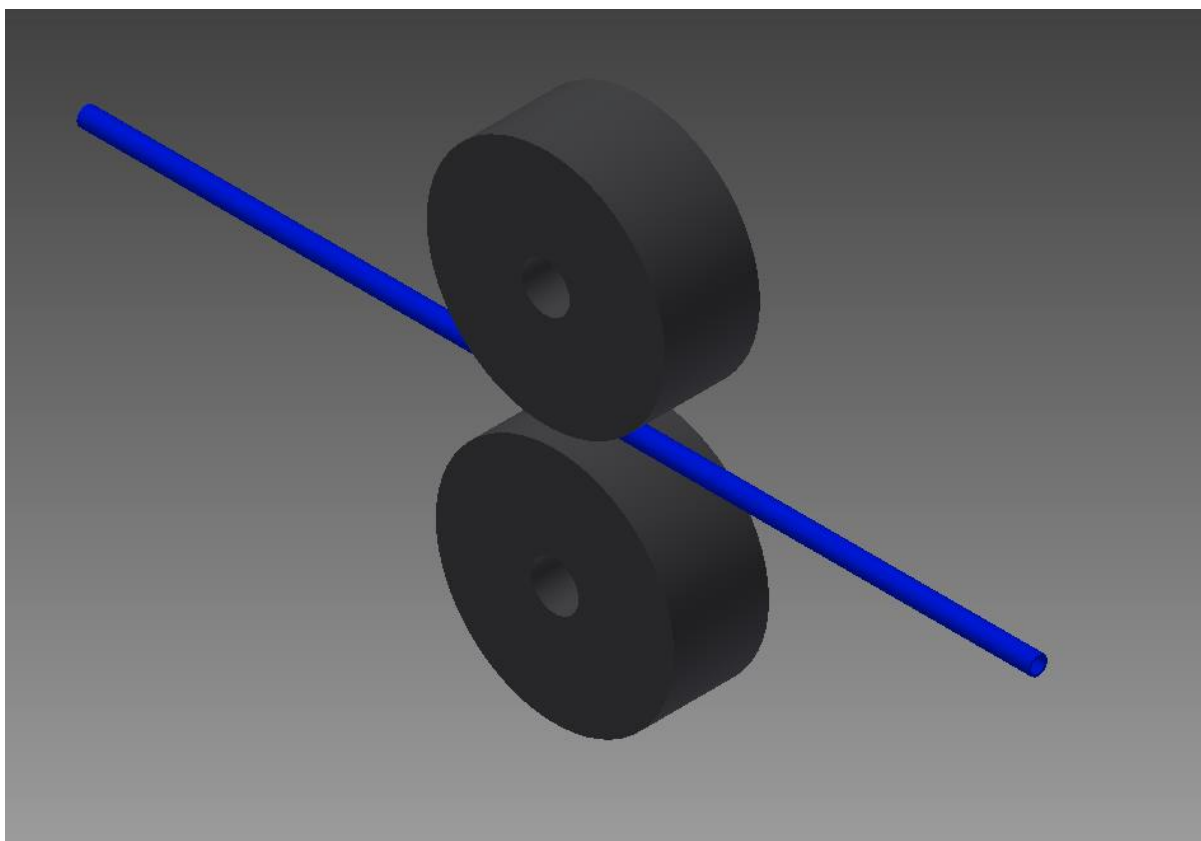
Det är dock oklart om de är tillförlitliga när det gäller så små föremål som de slangar på ca 2 mm som skall bearbetas. Den negativa aspekten är att den här tekniken kräver att objektet kan påbjuda tillräckligt motstånd för att kudden skall kunna forma sig runt det. I det här fallet måste griporganet kunna gripa tag i slangen medan den befinner sig i luften, utstickande från slangtransportören. Slangen kommer då inte att på kunna deformera gripkudden så att denna skall kunna fungera. Därav är det osannolikt att detta alternativ kommer att kunna användas framgångsrikt i denna konstruktion (se figur 16).



Figur 16 - Alternativ 2. Versaball av Empire Robotics innehåller mikrogranuler som är rörliga tills luften sugur påsen. På så vis formar kudden sig efter föremålet och håller det i ett fast grepp. (Empire Robotics)

### 3.5.2 Matning med drivhjul

En idé vi hade i ett tidigt skede var att samtliga moduler skulle kunna röra sig individuellt eller ha en rörlig bottenplatta och flytta verktygen mot slangen som skulle vara fixerad på en transportör i form av ett rör eller V-profil. Verktygsmodulerna skulle sedan kunna utnyttja sin rörlighet genom att flytta slangen mellan varandra. Matningen och hållandet av slangen skulle då kunna skötas av gummiklädda drivhjul. För att få en praktisk lösning och funktion av denna sorts matning, så skulle modulerna behöva vara baserade på en XY/planarmotor. Eftersom vi redan i ett tidigare skede konstaterade att vi inte kommer att använda planarmotorerna, så kommer denna idé inte att utvecklas. Däremot kommer matning med drivhjul att kunna användas vid matning av slang till testbänken. I samband med slangmatningen kan man kombinera med en slangkapning (giljotin), så att man om det behövs kommer man att kunna implementera det i drivhjulsmatningen. En enkel bild på en drivhjulsmatning visas i figur 17. (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017)



*Figur 17 - En enkel illustration av matning med drivhjul. Man kan se slangen som pressas fram mellan de två gummibeklädda drivhjulen. (egen bild)*

### **3.5.3 Beslut om slangtransport**

I samråd med Optinovas ingenjörer, så väljer vi att ha en griparm som transportör av slangen. Denna teknik har använts sedan länge inom produktionen och bidrar till att man har full kontroll på var slangen är och hur man flyttar den. Använder vi en gripklo kan vi även använda den till att hålla slangen mot t.ex. sliphjul och substituera för en hand. Matning med drivhjul kan fortfarande användas till att mata in slang till bänken.

## **3.6 Ventilation**

Eftersom det kommer att uppstå damm vid spetslipningen (se kapitel 4 verktygsmoduler) och gaser vid svetsningen, så kommer vi att behöva ett utsug som samlar upp dammet och gaserna. I vår design har vi tänkt att de moduler som kräver ett utsug skall byggas in i små egna kabinett som kan kopplas till utsugsslangar. De olika utsugsslangarna kommer sedan att



vara anslutna till ett gemensamt grenrör som i sin tur är kopplat via en grov slang till en “dammsugare” utanför kabinettet. I renrummen och även i utvecklingsverkstaden finns vanliga ventilationsutsug som kan användas för ändamålet. I renrum bör det dock helst undvikas då det bidrar till ett större tryckfall i utrymmet. Eftersom en av förutsättningarna för renrumsmiljö är att bibehålla ett övertryck bör en dammsugare som är godkänd för renrumsmiljö användas i detta fall. “Dammsugaren” som kommer att användas är av märket Quatro iVAC Slim-Line och kan ses i figur 18 nedan. Dammsugaren är utrustad med ett hepa filter, vilket kommer filtrera ut dammet från spetsslipningen. För att ta hand om möjliga gaser måste vi antingen tillämpa ett kolfilter, på slangen vid grenröret, eller alternativt välja Quatro´s kolfilter som tilläggsutrustning. (Quatro air technologies, 2016) (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017) (Studiebesök Optinova, 2017)



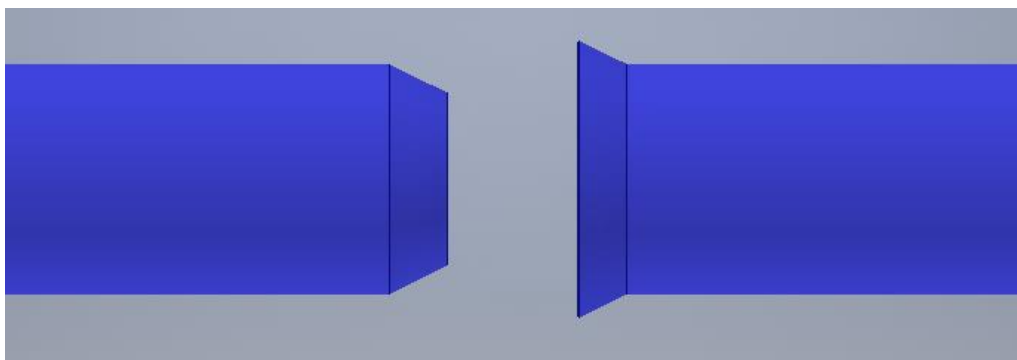
*Figur 18 – Renrumsdammsugaren från Quatro. Luften som behöver rengöras sugas genom slangen in i dammsugarskåpet och tvingas gå genom ett hepa filter som fångar upp alla små partiklar som förorenar luften. Ett kolfilter kan även tillämpas. Luften släpps sedan ut tillbaka till renrummet.(egen bild)*

## 4 VERKTYGSMODULERNA

Verktögsmodulerna bör vara lätt utbytbara med snabbblås på sina fästplattor och skall helst kunna bytas utan verktyg. Fästplattorna kommer att vara anpassade enligt bänken och verktygen kommer sedan att vara anpassade till fästplattorna med en gemensam standard. Här nedan kommer några av de verktögsmoduler som kommer att förekomma.

### 4.1 Spetsslipning

Vid svetsning av medicinsk slang, tillverkad av en termoplast elastomer, slipas ena änden ner så den blir svagt konisk för att sedan passas in i en motsvarande kragad del på en annan slang, se figur 19 nedan. Slipningen som nu görs helt manuellt medför stora olägenheter i form av damm som operatören andas in, och förfarandet är mycket oergonomiskt då man manuellt roterar slangen mot en slipskiva. Spetsslipningen består för tillfället av en styrtapp som är fäst bredvid ett sliphjul. Operatören av maskinen trär på slangen över styrtappen och roterar den för hand så att slangen blir jämnt slipad. Önskemålet om ett ersättande verktyg är stort från produktionspersonalens sida och vi vill vara med och utveckla en automatisk, inkapslad verktögsmodul som skulle kunna hålla omgivningen fri från föroreningar. (Studiebesök Optinova, 2017)



*Figur 19 – Illustration av en slipad spets (till vänster) som möter en kragad spets (till höger). Detta görs för att de ska passa in i varandra och ge bättre resultat vid svetsningen av slangen. (egen bild)*

#### 4.1.1 Utveckling av spetsslipningsmodulerna

Utvecklingen av spetsslipningsmodulen har bestått till stor del av empiriska studier, varav en del grundar sig på tidigare erfarenheter från Optinovas sida. Det som vi bör ha i åtanke vid

utvecklingen av den slutgiltiga designen är implementering av, utsug för slipdamm, samt möjligtvis någon kylning och blåsning av verktygen med joniserad luft.

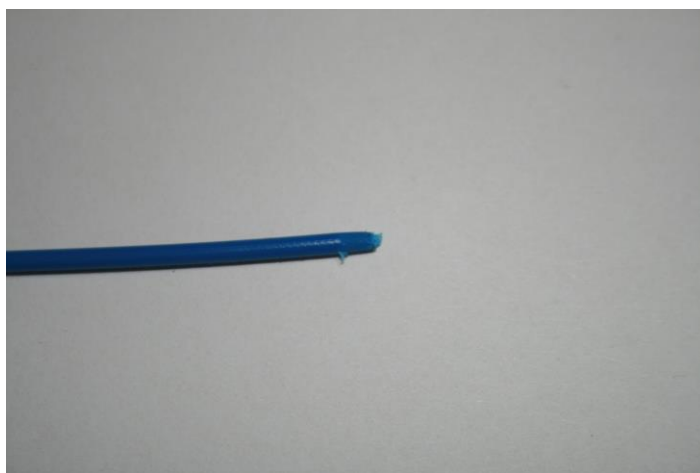
Vi inledde våra experiment gällande slipningen av slang genom att använda en reglerbar hobbybormaskin som tillåter höga varvtal och standardiserade slipstift med finkornig yta (figur 20). Vi hade tillgång till referensmaterial som var slipat i produktionen på den befintliga manuella spetsslipmaskinen. Kvaliteten på denna slang måste vi efterlikna så mycket som möjligt med vår slipning (figur 21). Ytan på slangens tenderade lätt att smälta och efterlämna störande “svansar” (figur 22). Materialet avverkades inte då utan förflyttades bara till ett annat ställe på slangens, vilket resulterade i skapandet av dessa svansar. Bästa resultatet erhöles via slipning med skarpkorniga karborundum (kiseloxid)- och aluminiumoxidbelagda slipskivor, roterande med relativt låg hastighet med lång sliptid (figur 23). Den spetsslipstation som nu används vid produktionen använder ett sliphjul i aluminium med ytan belagd av diamantkorn. Man kan anta att slipytan behöver ha skarpa partiklar med skärande design för att ge så lite friktion mot slangytan som möjligt för att inte värma upp och deformera slangens. Dock bildas en hel del statiska dammpartiklar som lägger sig på allting i närheten av sliphjulet. Detta kan avhjälpas med en jonisator och luftutsug. Med dessa erfarenheter skall vi nu konstruera en automatiserad slipmodul till testbänken. Vi har tagit fram fyra huvudsakliga prototyper som behandlas var för sig. För att få en tydlig systematik inom de olika designalternativen så döpte vi prototyperna med egna namn som bildligt beskriver deras funktion. På så vis eliminerade vi risken för hopblandning av designerna då vi arbetade med alla prototyperna vid nästan samma tidpunkt. (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017) (Studiebesök Optinova, 2017)



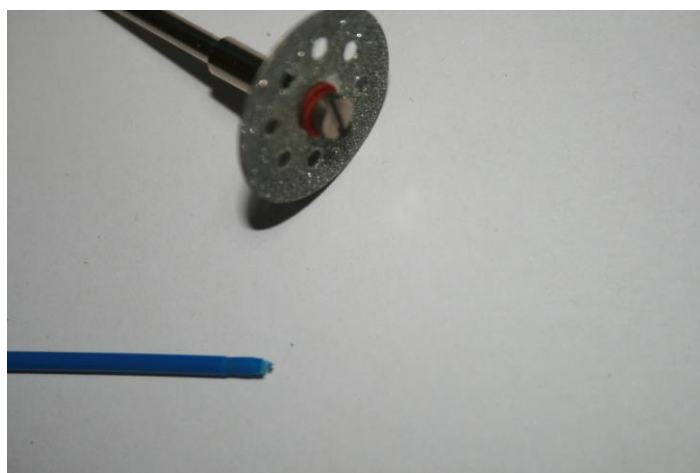
Figur 20 - De orangea slipstiften är de mest finkorniga, den blå är en mellangrov och den lila är grovkornig. (egen bild)



Figur 21 - "Godkänd" slipning från produktionen som använts som referens. (egen bild)



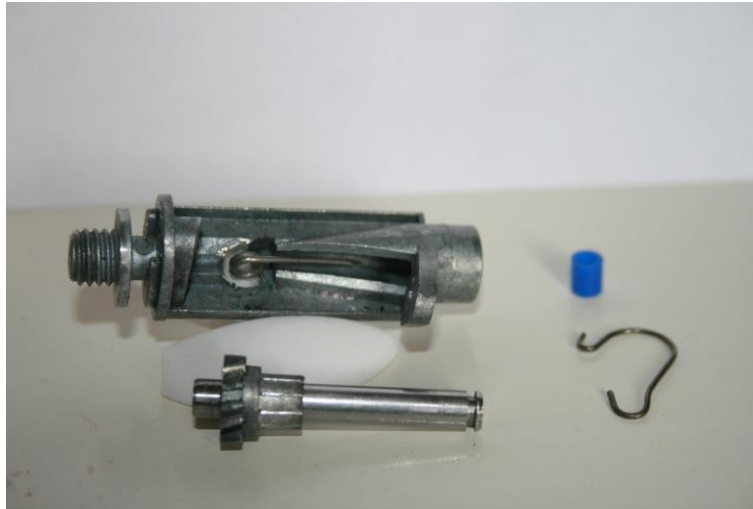
*Figur 22 - Slang slipad med mellangrovt slipstift. Notera den fransiga ytan p.g.a. att det bortslipade materialet tenderar att smälta fast. (egen bild)*



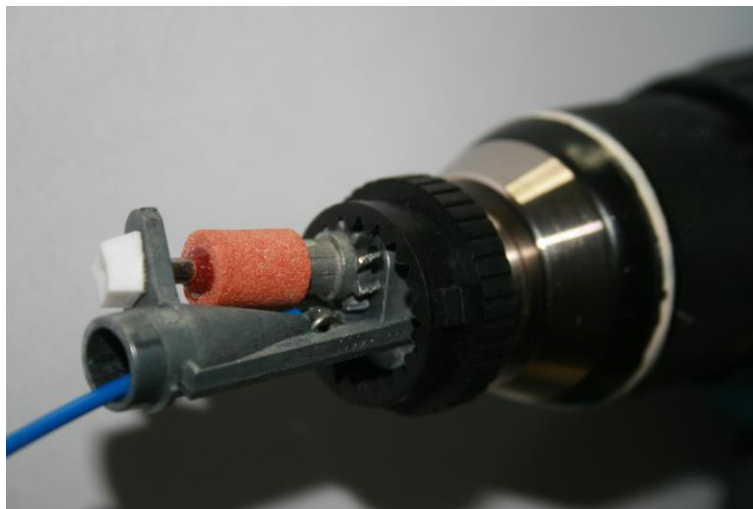
*Figur 23 - Slang som slipats med ett aluminiumoxid belagt slipstift, som erhöill det bästa resultatet av de slipstift vi hade tillgång till. (egen bild)*

**Prototyp 1 “Shredder”**, är en stationär pennvässare som utrustats med ett sliphjul istället för fräshjulet, och styρνål som fixerar slangen under slipningen. Som extra guidning träds slangen genom en konisk ledare innan den fixeras av styρνålen. Sliphjulet roterar sedan runt änden på slangen och slipar bort materialet. Sliphjulet kräver dock omprofilering för att vinkeln på slangspetsen skall bli den rätta. Sliphjulet själv är ett ombyggt finkornigt slipstift för hobbybruk, som modifierats för att passa på den befintliga axeln från fräshjulet och ett kugghjul har fästs i änden som passar in i kuggkransen. Vi testade genom att koppla designen till en batteridrivna skruvdragare för att få så hög hastighet som möjligt på sliphjulet (figur 24, 25 och 26). Vid granskning av slipresultatet (slang av termoplast med 2 mm yttre diameter) ser man dock att den bearbetade ytan på slangen snarare smält än slipats. Eventuellt

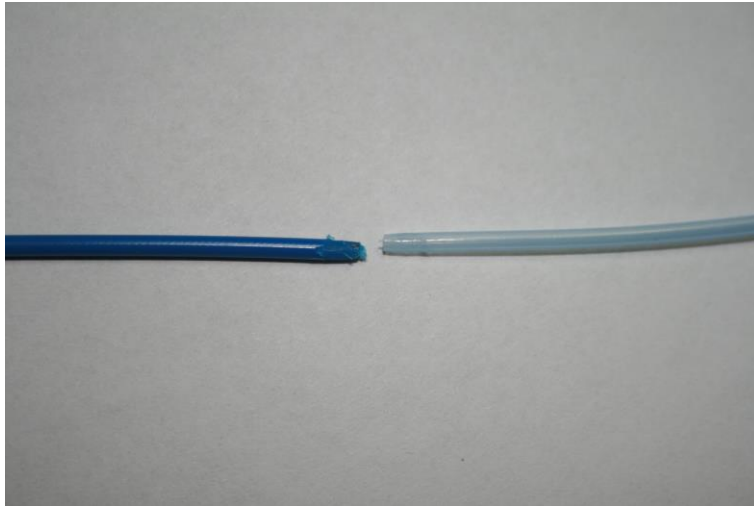
kan en slipsten med skarpare korn behövas, samt hastigheten på denna skulle kanske ökas. Med denna design är man tvungen att ha olika sliphjul för olika slangdimensioner. En för ändamålet specialtillverkad slipenhet med sliphjul tillverkad av diamantkorn skulle eventuellt kunna testas.



Figur 24 - Den modifierade pennvässaren med fräshjulet avlägsnat. Notera styρνålen i konens spets (egen bild).

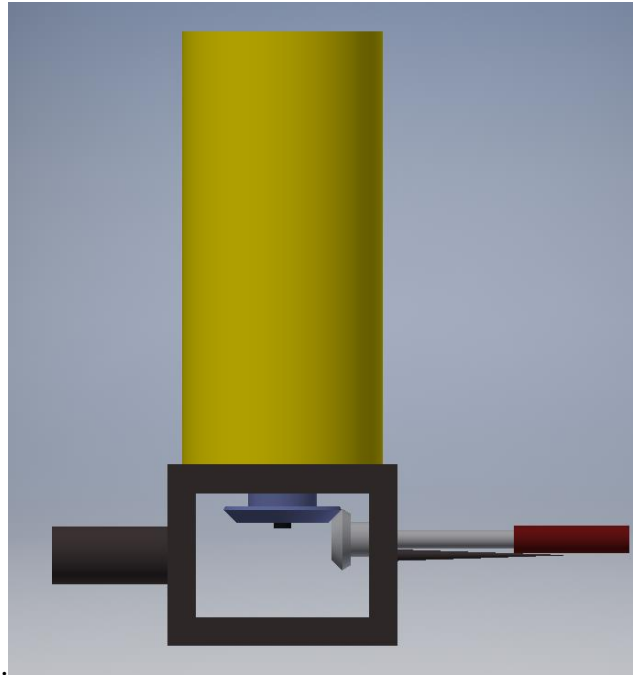


Figur 25 - Prototyp 1 "Shredder" komplett med sliphjul och en termoplastslang under slipning. Notera att slipvinkeln inte är helt korrekt. Denna prototyp är endast tänkt som testbänk för vår spetslipmodul. Slipvinkeln är dock till en viss mån reglerbar. (egen bild)



*Figur 26 - Slipresultatet av P1 ger en klar bild av problematiken med svansbildningar. Till vänster en termoplastslang (elastomer) och till höger en PTFE-slang (fluoropolymer). Den sistnämnda polymeren är mycket hårdare och har högre smältpunkt varvid det är lättare att få ett gott slipresultat på denna. (egen bild, 2017).*

**Prototyp 2 “Oasis”** bygger på “Shredder” men på denna har vi lagt till en motor på sliphjulet för att få upp sliphastigheten. Sliphjulet skulle då behöva rotera bara ett varv runt slangen. Denna design skulle kunna använda vanliga slipstift som hålls fast av en liten chuck. Denna prototyp existerar tills vidare enbart som CAD-modell, och har inte testats i praktiken (figur 27).



Figur 27 - En bild från Inventor på Oasis. Här syns den elmotor (gult) som, via kuggar, driver sliphjulet. Under sliphjulet syns styrtappen som slangen skall trädas på. Den grova axeln kommer att drivas via en lågvarvig utväxling. (egen bild)

Som en alternativ konstruktion till Oasis kan man använda en planetväxel för att erhålla önskat varvtal och moment på slipschucken, se figur 28. Det skulle möjliggöra att motorn “ligger” ner och det skulle bli en smidigare design.

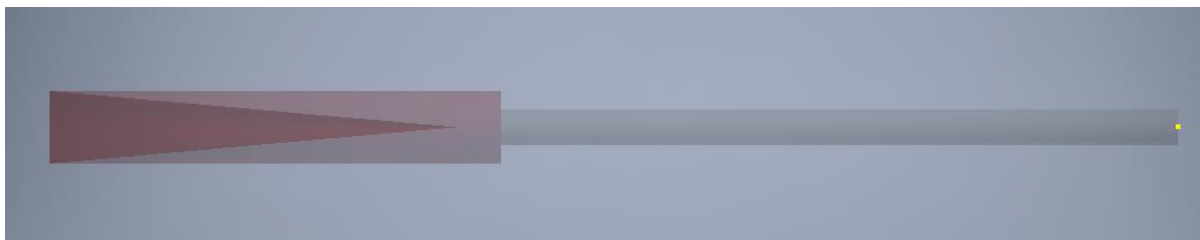


Figur 28 - En motor med en kombinerad planetväxel. (EBMPapst)

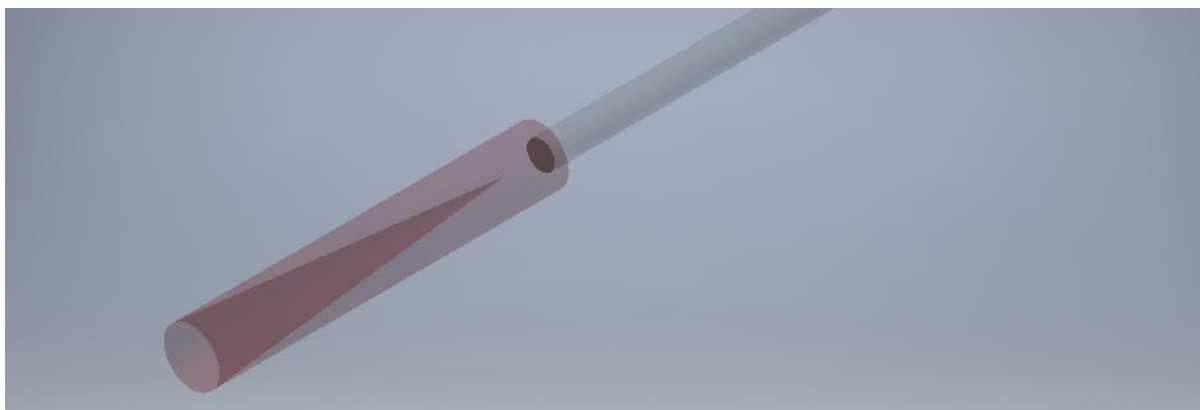
**Prototyp 3 “Vertigo”** är den enklaste varianten med ett inverterat konformat sliphjul som har rätt profil för slangspetsen. Denna design har vi i princip förkastat för att den medför svårlösta problem i arbetsmomentet. Bland annat kan inte en symmetrisk slipning garanteras



då det inte finns plats för styρνål i sliphjulet. Även avlägsnandet av slipsån kan försvåras. Slitage i sliphjulet skulle även medföra förändring av slipprofilen. Se figur 29 och 30 nedan.



Figur 29 - Det ihåliga slipstiftet till "Vertigo" (egen bild)

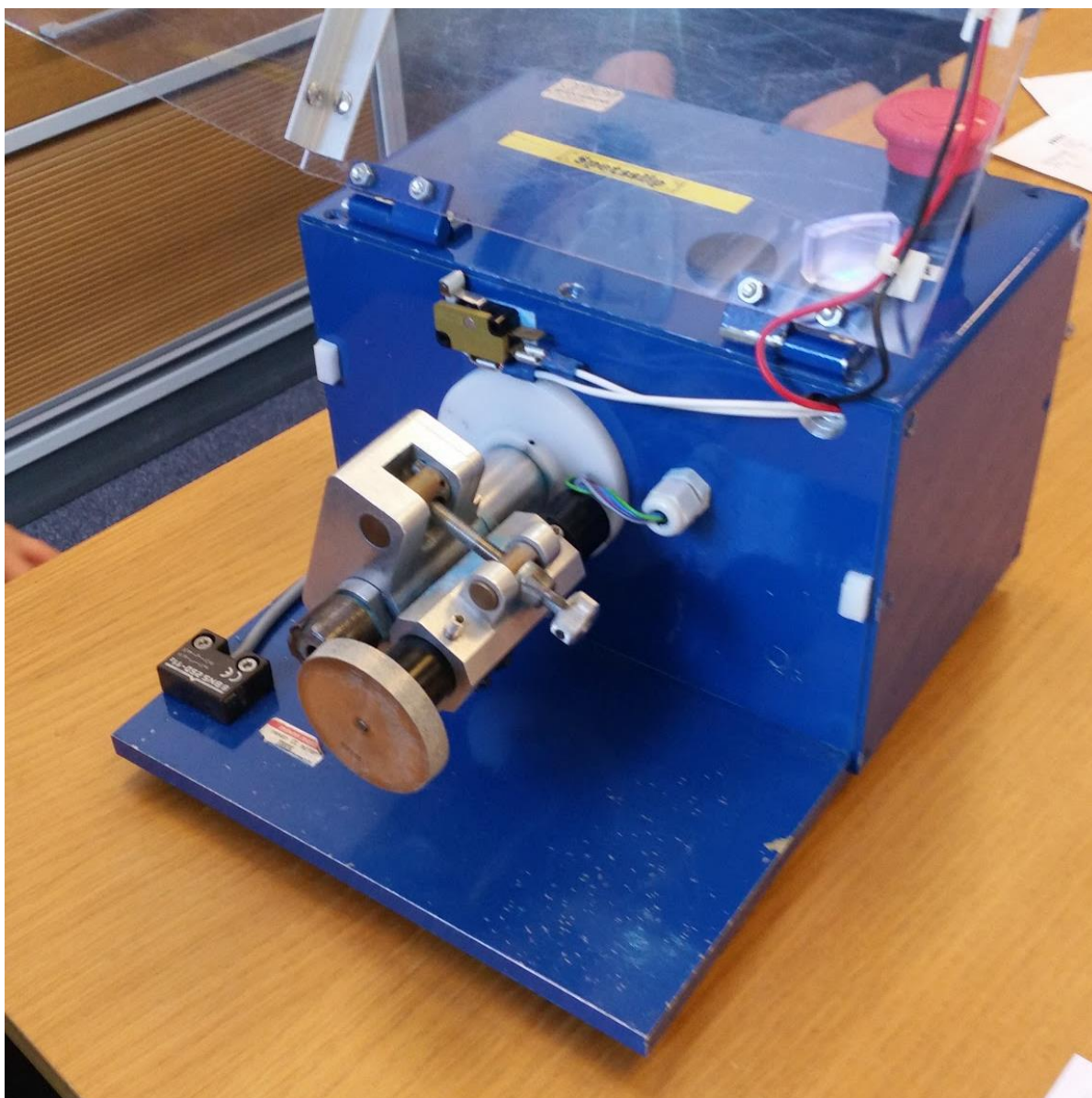


Figur 30 - Slipstiftet till prototyp 3 Vertigo, stiftet är sett snett framifrån och man kan se stiftet är format som en inverterad kon, där slangen sticks in och blir spetsig. (egen bild)

**Prototyp 4 "Revelation"** baserar sig på den nuvarande designen för manuell spets slipning med justerbar styρνål, som tagits fram av utvecklingen på Optinova. Denna design kräver dock att slangen roterar, rotationen har tidigare skett genom att personalen har hållit i slangen och roterat den. Vi har löst det med en "holk" som slangen träs igenom innan den når styρνålen. Holken består av en plasthylsa som är slitsad för att kunna pressas ihop mot slangen, samt en konad hylsa av stål som med hjälp av en solenoid, pressar ihop plasthylsan. Denna "holk" drivs av en skruvväxel som är kopplad till en liten elmotor. Den solenoidstyrda holken kräver dock en del utvecklingsarbete innan den kan prövas i praktiken. Denna design kräver att griparmen släpper taget om slangen då den skall rotera och att slangen inte kan slira under slipskedet, utan att den hålls stabil.

#### **4.1.2 Gammal spetsslipdesign**

Från Optinovas sida har ett gammalt koncept hittat tillbaka till världen. Efter ett besök med presentation av våra egna prototyper så återfanns ritningar och det gamla uppbyggda verktyget. Verktöget som helt enkelt kallades för “Spetsslip1” bygger på samma idé som vår prototyp 2 med ett roterande slipbett. Den byggdes 2003 och orsaken till att konceptet skrotades var på grund av ojämn slipning och att det blev dålig sikt på grund av dammet som bildades i och med slipningen. Efter det har utvecklingen stannat på maskinen och den blev senare omgjord genom att motorn för rotationen av slipverktöget togs bort och axeln blev låst. Maskinen användes sedan i några år manuellt, på samma sätt som den nuvarande spetsslipningen fungerar idag, men blev sedan avställd och har stått bortglömd i ett skåp på en av produktionsavdelningarna i ca 10 år tills vi återfann den med hjälp av personalen. Nedan i figur 31 kan vi se bild på maskinen.



*Figur 31 - Den gamla prototypen spetsslip 1. I bilden syns sliphjulet, som är ställbart, och man kan se i stora drag hur designen ser ut. Eftersom maskinen stått i många år och blivit "stympad" så fattas styrtappen, som borde vara till vänster om sliphjulet på bilden och en platta med kolbanor som kan ge ström åt motorn till sliphjulet vid rotation. Efter att rotationsdelen blivit borttagen så har de helt enkelt dragit en kabel för eltilförsel till motorn. (egen bild, 2017).*

Eftersom vi fått tillgång till en design som i viss mån har fungerat så kommer vi att använda den och fortsätta utveckla den. Det som vi till en början kommer behöva göra är att rita upp maskinen i Inventor och se hur delarna samverkar med varandra. Vi fick tillgång till ritningarna för maskinen, så att rita upp den kommer inte att utgöra något större problem. Efter att vi studerat maskinen i Inventor och förstått hur den såg ut och fungerade i ursprungsskick så kan vi börja återställa den. Detta gör vi för att lära oss vad som var fel på original designen så att vi sedan kan förbättra den och implementera nya idéer och koncept. Det vi redan från början vet är att vi kommer tillägga är ett utsug för dammet, samt en stegmotor för att justera slipdjupet på slangen. När vi sedan har en fungerande maskin kommer vi att kunna testa den, se resultatet och justera enligt behov och förbättra den. När vi får en fungerande prototyp kan man sedan rita upp den nya prototypen i Inventor och bygga en helt ny maskin som kan användas i produktionen.

#### 4.1.3 Diskussion och gallring av prototyper

Designen som vi beslutade oss för att satsa på och försöka utveckla var främst spetsslip 1, eftersom vi har fått en så bra grund för den i och med att det finns ett fysiskt verktyg, ritningar och erfarenhet från den. **Prototyp 4, Revelation**, är en intressant idé, men eftersom ingenting finns som liknar den och vi skulle vara tvungna att bygga upp den helt från grunden och göra många testbitar, så ansåg vi att tiden inte räcker till för det, utan att det istället får bli ett framtida projekt. **Shredder** eller prototyp 1 kommer vi inte att fortsätta med, grundidén till den är väldigt enkel, men att förverkliga den kommer att bli mycket svårare. Sliphuset skulle vara specialtillverkat och för att ändra vinkeln på slipningen kommer det att behövas flera olika sliphus. Att tillverka flera olika sliphus kommer att vara olönsamt och tidskrävande, förutom att vi ännu inte känner till något om livslängden på verktyget. Detta gör att Shredder i jämförelse med de andra alternativen är betydligt sämre och i nuläget inte värd att satsa tid på. **Vertigo, prototyp 3**, har samma problem som Shredder, en enkel idé, men svårlösta praktiska problem. I Vertigos fall kan vi konstatera att det kommer uppkomma ojämn slipning, p.g.a. att slangen är så mjuk och kommer böja sig, samt kylningsproblem och problem med dammbildning i slipbettet. Kort sagt, finns det bättre alternativ att satsa på här

också. **Oasis, prototyp 2**, har samma grundidé som Spetsslip 1, varför vi lägger ner Oasis och satsar på Spetsslip 1 då den är mer ändamålsenlig.

## 4.2 Övriga verktyg

Slangen som produceras på Optinova kommer att efterbearbetas på flera sätt och inte bara spetsslipas. Här är några exempel på verktygsmoduler som kommer att kunna utvecklas i testbänken när den är färdig:

- Kragningsmodul för utvidgning av slangänden
- Taperingsmodul för utdragning av slangänden
- Håltagningsmodul
- Svetsmodul för sammansvetsning av slangarna

Dessa verktygsmoduler kommer sannolikt att tas fram med hjälp av Optinovas ingenjörer för att komprimera tidsskalan för projektet. Vi nämner dock dessa för att poängtera att vi måste ta i beaktande dessa verktygs behov som pneumatik, utsug, värme etc. (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017)

## 5 KRINGUTRUSTNING

Som kringutrustning till testbänken tillkommer bl.a. kabeldragningar till samtliga modulenheter, elskåp, fläkt med avjonisering, samt arbetsbelysning och tryckluftspistol med avjoniserare för rengöring av arbetsytorna i bänken. Som säkerhetsutrustning överväger vi att använda en fotocellridå som stoppar alla motorer då ridån bryts. Den bör dock vara urkopplingsbar vid manuell användning. Detta system används redan i en del produktionsautomatik inom företaget.

### 5.1 Kablar och kopplingar

På önskemål från företagets sida kommer vi att hålla en gemensam standard på kopplingsdonen för samtliga modulenheter, såväl verktygsmoduler som motormoduler. Vi kommer att använda oss av universalkontakter som huserar signal och strömförsörjning i samma kontaktdon. Många större tillverkare av servomotorer och andra större motorkomponenter har etablerat den principen för att få ner antalet anslutningar och kabeldragningar per enhet. Ett av de kontaktdon som har det bredaste användningsområdet för tillfället är en serie *plug-in device connectors* som heter SPEEDCON Connector från Phoenix Contact. De finns i olika storlekar och är vattentäta enligt IP67 klass, samt har skruvlåsning, så att kontakterna inte kan dras isär (figur 32 och 33). Dessa kabeldon kan dessutom levereras med tillhörande kablar i valfri längd. Signalledarna har avskärmning som avstörningsskydd vilket är obligatoriskt i sammanhanget då man kör starkström (230 V) i samma kabel. (Phoenix Contact)



**Figur 32 – 8 + 4 + E Pole Panel Mount M23 Connector Plug Female. (Phoenix Contact)**

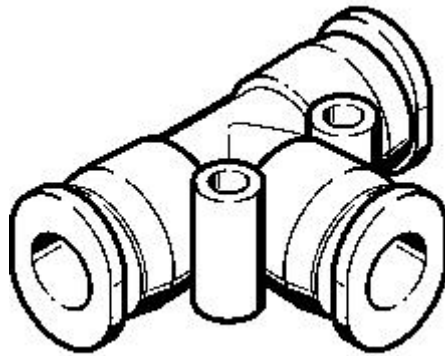


**Figur 33 - 8 + 4 + E Pole Cable Mount M23 Connector Plug Male. (Phoenix Contact)**

## 5.2 Pneumatik

Eventuell pneumatik måste kunna förse med tryckluft via slangkopplingar med snabbanslutning. Även verktygsmodulerna kommer i vissa fall att förse med tryckluft för att manövrera pneumatiska gripverktyg, för avkylning eller vakuumejektorer. I de flesta fall kan

vi hålla oss till standardkomponenter som t.ex. Festos kopplingssortiment (figur 34). Standardslangarna brukar vara 6 eller 8 mm. (Festo)



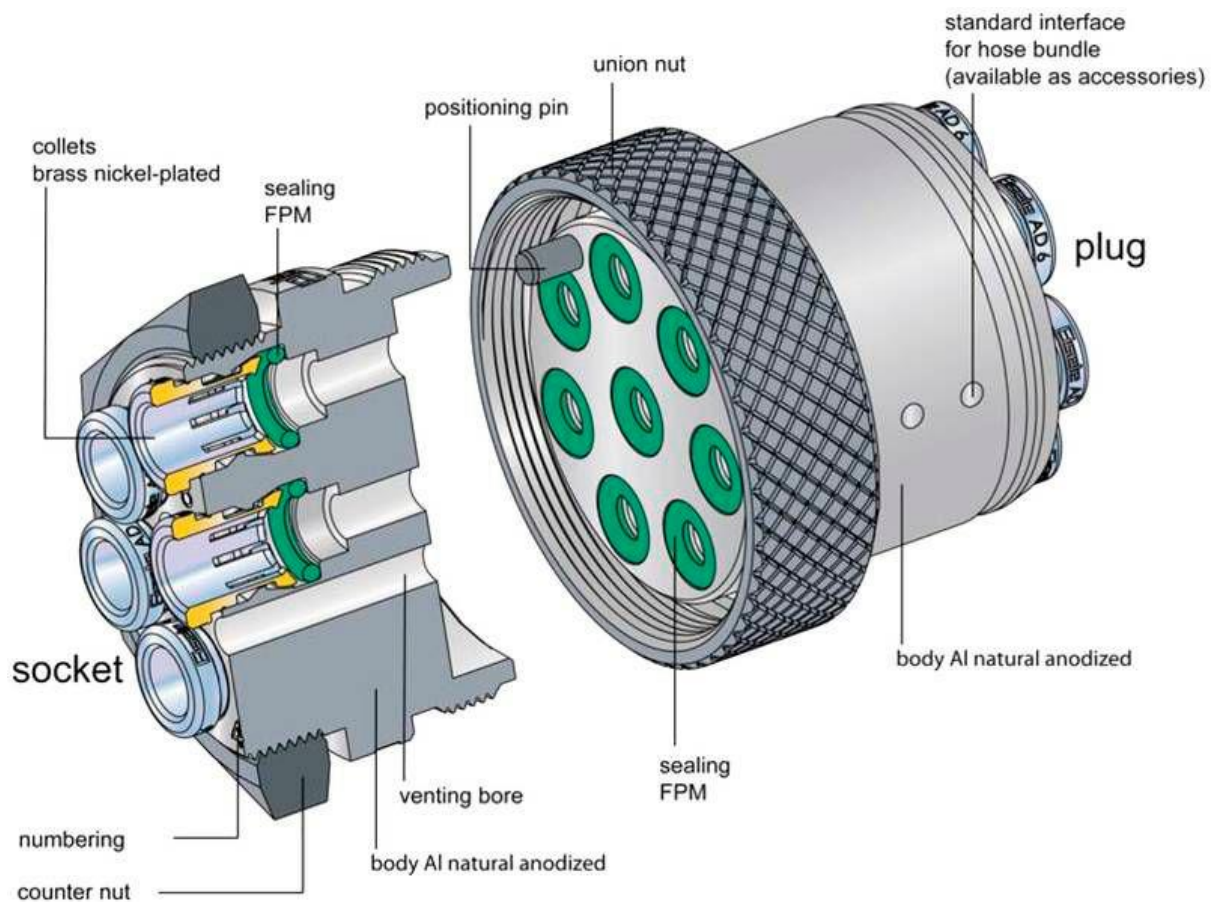
Figur 34 - Standard T-koppling för 6 mm tryckluftsslang. (Festo)

Der finns önskemål på en multiconnector även för verktygsmodulernas tryckluftsförsörjning. Det finns även några tillverkare som erbjuder multikopplingsdon med tryckluft, signal och starkström i ett kontaktdon men de är stora och klumpiga. Därtill behöver knappast alla verktyg tryckluft, dock kunde det vara behändigt med ett kontaktdon som har flera slanganslutningar och en pålitlig snabbkoppling som har lång livslängd trots frekventa verktygsbyten. Två exempel visas nedan (figurerna 35 och 36). (SMC)



Figur 35 - SMC KDM10-06, PBT multikopplingsdon för tryckluft av paneltyp för 6 mm slang. Denna modell är enkel till konstruktion och kostnadseffektiv. (SMC)





Figur 36 - Eisele Multiline VT1800 Series, multikopplingsdon för tryckluftvakuum av cirkulär modell. Denna modell är av mycket hög kvalitet med hus i aluminium och utbytbara kopplingshylsor. Den är dock det dyraste alternativet. (Eisele)

### 5.3 Elskåp/Styrskåp

Ett elskåp från Rittal kommer att installeras under bordet. Elskåpet kommer att rymma kopplingsplintar och transformatorer för strömförsörjning av logiken, motorenheterna, arbetsbelysning mm. Även PLC:n kommer att byggas in i skåpet, samt tryckluftsregulatorer och PLC-styrda ventiler. Från skåpet dras elkablar, signalledningar och tryckluftsslangarna via flexibla kabelskenor, som skall skydda dessa från mekaniskt slitage samt hålla dem ihopbuntade. Kablarna och slangarna dras till respektive förbrukare i testbänken som linjära motorer, servomotorer och pneumatiska gripverktyg. Vi kommer av kompatibilitetsskäl att använda oss av samma typ av elskåp med DIN-skenor som använts sedan tidigare inom företaget (figur 37). Kopplingsplintar, transformatorer, PLC och övrig styrutrustning hängs fast på DIN-skenorna. (Rittal)



Figur 37 - Elskåp med DIN-skenor av samma typ som kommer att användas i testbänken (Rittal)

## 5.4 Övrig kringutrustning

Bland den övriga kringutrustningen i testbänken kommer vi att behöva bl.a. en jonisatorfläkt (figur 38). Den är nödvändig för att få bort den statiska laddningen från polymerdammet i verktygen. I annat fall kommer dammet att fastna på alla ytor och vara näst intill omöjligt att få bort. Fläkten kommer att monteras innanför ramkonstruktionen med riktat luftflöde mot verktygsmodulerna. Alternativt kan man använda en tryckluftsdriven avjoniseringsmodul som via en slang blåser in avjoniserad luft direkt i verktygsmodulen. (SMC)



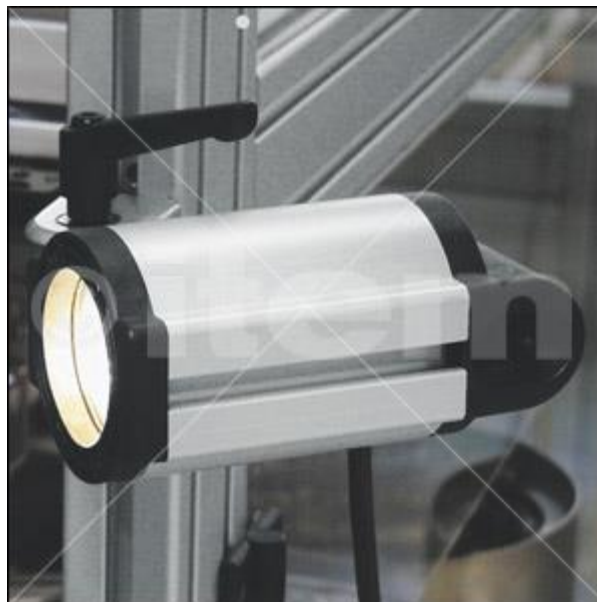
Figur 38 - Joniserande fläkt som skruvas fast i ramkonstruktionen. (Iontis, s. smc)

Utanför bänken kommer det även att behöva finnas tillgång till en tryckluftspistol för att kunna rengöra verktygsmodulerna och bänken. Även denna tryckluftspistol måste vara utrustad med jonisator (figur 39). (Vessel)



Figur 39 – Anti-Stat G-2, joniserande tryckluftspistol av samma typ som används vid arbetsstationerna i renrummen. (Vessel)

Arbetsbelysning i form av halogen eller LED-spotlights, alternativt LED-listor är ett krav för att man skall kunna arbeta med maskinen på ett säkert sätt, samt kunna utföra verktygsbyten och studera bearbetningsresultatet. Kraven är i regel att apparatlådorna är hermetiskt tillslutna och belysningen skall vara flimmerfri. Dessa spotlights är kompatibla med ITEM. Ett exempel kan ses i figur 40. (Itemprofiili)



Figur 40 - Maskinbelysning i form av 35 W halogen strålkastare. (Itemprofiili)

## 6 SAMMANFATTNING AV FÖRSTUDIEN

Detta utgjorde vår förstudie i att bygga en modulär testbänk för framtagning av prototyper och i att utveckla en spetsslipmodul. Sammanfattningsvis så kommer bänken bestå av:

- ITEM:s 4E bord
- Nemis Vacuum chucksystem
- Linmots linjärer för styrning av gripklon
- En pneumatisk gripklo
- En ram gjord av 40x40 mm aluminiumprofiler som fungerar som bur runt transportörer och verktygsmoduler

Spetsslipsmodulen är den gamla Spetsslip 1 som kommer att vidareutvecklas. Även om förstudien är avslutad så kommer vidareutvecklingen av testbänken och utvecklingen av Spetsslip 1 att fortsätta. Utvecklingen av bänken kommer att dokumenteras och rapporten kommer att innehålla CAD-ritningar, problem som uppkommer, möjliga förändringar i designen, en kostnadsanalys och det slutgiltiga resultatet.

### 6.1 Sammanfattning av offerter

Vi har till arbetet bifogat en sammanfattning av de större offerter som vi har beställt.

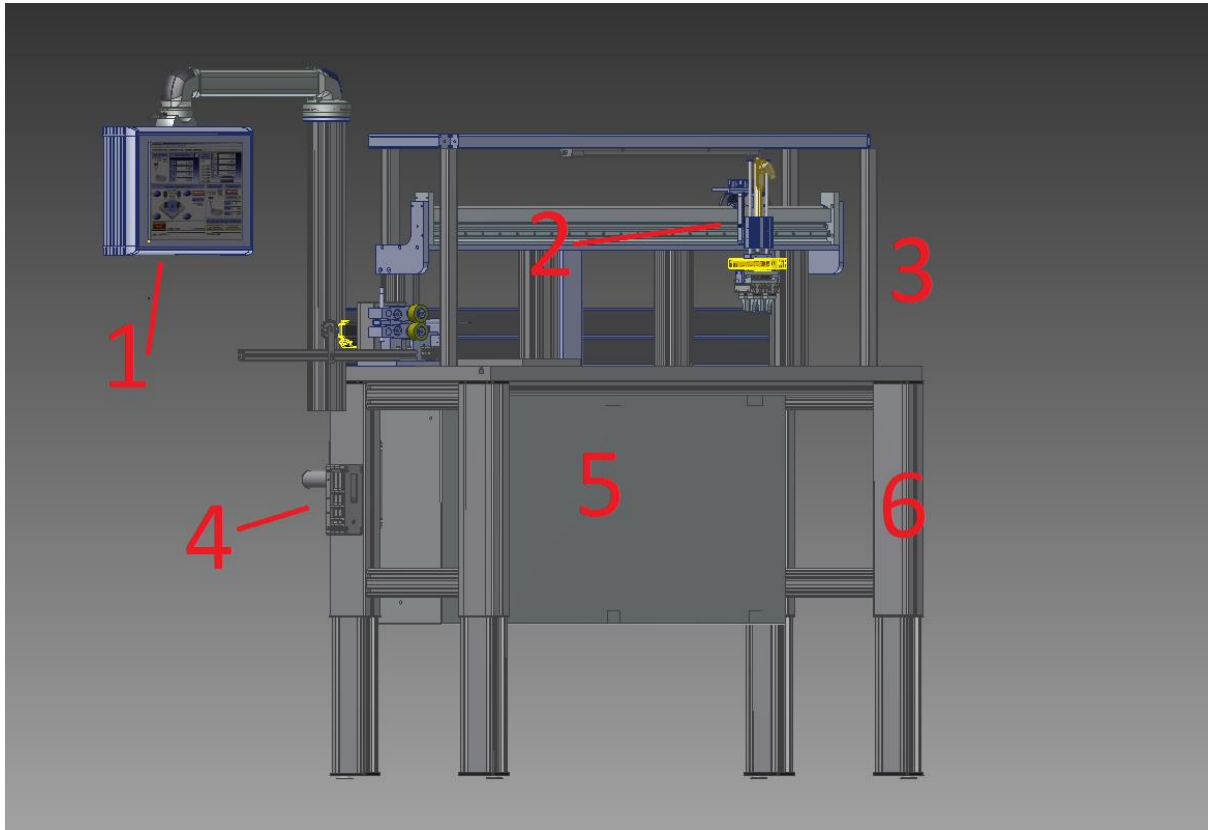
Observera att dessa hör till vår förstudie och behöver inte nödvändigtvis vara relevanta för den färdiga konstruktionen (bilaga 1).

## 7 KONSTRUKTION AV TESTBÄNKEN

Vi har i detta skede enats, tillsammans med ingenjörerna inom utvecklingsavdelningen, om en design för den modulära testbänken. Vi kommer i nuläget att göra en komplett CAD-design av bänken tillsammans med en materiallista, och en kostnads kalkyl på materialet till bänken, och presentera det som en egen rapport för utvecklingsavdelningen. Där får de sedan ta ställning till om testbänken byggs enligt vår design eller om de utvecklar en egen design för ändamålet. I vilket fall kommer ansvaret för den fysiska designen att hamna på Optinovas egen utvecklingsavdelning. Som tidigare nämnts i denna rapport så behandlas enbart de mekaniska och elektromekaniska delarna av testbänken, dock har vi förberett för elinstallationerna genom att lägga till elskåp, styrpanellåda, kabelkedjor och kabelrör. (Optinova, Cederlöf, & Valve, 2016-2017)

## 7.1 CAD-modell

Designen på testbänken är framtagen med hjälp av CAD-programmet Autodesk Inventor. Huvudkomponenterna finns avbildade nedan i figur 41.



Figur 41 -Helhetsbild på den färdiga designen av testbänken, dock utan verktygsmoduler. 1: Styrpanel (Rittal) 2: Linjärmotor med travers (Linmot) 3: Bur med 40\*40 X-profil för fastsättning av maskinbelysning (Aluflex), jonisatorer mm. (ITEM) 4: Vakuumejektor (Fipa) 5: Elskåp (Rittal) 6: Arbetsbord ITEM 4E (Aluflex).

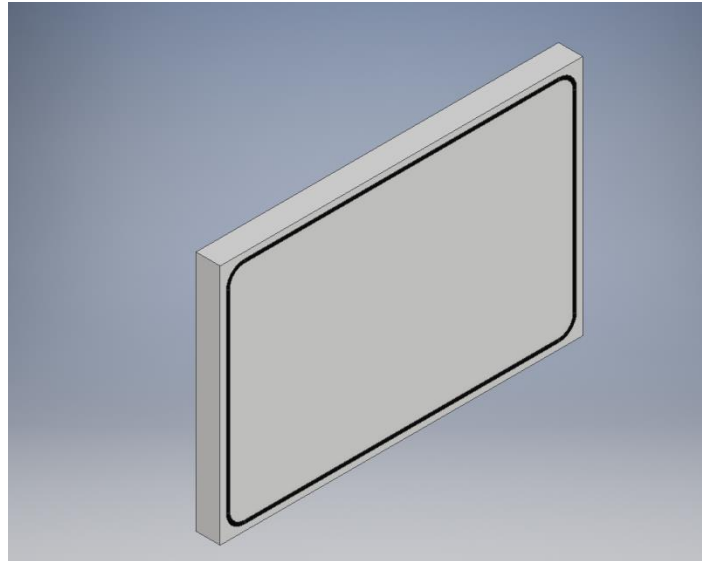
## 7.2 Den slutgiltiga konstruktionen

Vi har strävat till att använda så mycket lättillgängligt material som möjligt, samt komponenter som det finns erfarenheter av från tidigare inom Optinova. Fördelen med att använda många beprövade komponenter är att reservdelarna som redan finns i lager är kompatibla med vår konstruktion och det är lättare att säkra tillgången av dessa. Dessutom är det fördelaktigare rent ekonomiskt att inte behöva utöka sortimentet av komponenter som används inom företaget.

### 7.2.1 Vakuumbordet och dess komponenter

De mest väsentliga skillnaderna i den färdiga designen jämfört med planeringsstadiet ligger i vakuumbordet som skall hålla verktygsmodulerna på plats. Istället för att beställa in en färdig enhet, integreras vakuumskivan direkt i bottenplattan genom att borra hål och fräsa ur kanaler mellan hålen som sedan kopplas med snabbkopplingar från Festo. På så vis kan man hålla utgifterna nere samt få en skräddarsydd lösning för vakuumbordet. Plattan kommer att förse med dubbla rader av hål på en plan yta. Tätningslisten kommer att sitta infräst i botten på modulplattan enligt figur 42, till skillnad från Nemis koncept där man flyttar omkring på en lös tätningssram i olika spår. Ett T-spår är utfräst på framsidan av bottenplattan i händelse av att man vill använda sig av en linjal eller jigg för att kunna placera ut verktygsmodulerna på givna platser. Med hjälp av kulventiler kan man stänga av de sughål som kommer att befinna sig utanför fästplattans tätning och på så vis erhålla kontinuerligt vakuum. En fabrikstillverkad vakuumskiva med nödvändiga kopplingsdon är betydligt dyrare än den uppskattade materialkostnaden för en aluminiumplatta på 20\*1500\*500 mm. Av samma skäl har vi slopat vakuumpumpen och istället implementerat en kraftig vakuumejektor med tryckluftsvakt, som stryper tillförseln av tryckluft då tillräckligt stort vakuum har byggts upp (figur 43, 44 och 45). På så vis har vi fått en mycket mera energisnål lösning. Vi har testat i verkstaden med befintliga modeller och kommit fram till att de är tillräckligt tysta då de är utrustade med ljuddämpare på utloppet samt att de uppnår tillräcklig sugförmåga, nästan jämförbart med pumpens prestanda. Man kan dessutom placera ejektorn nästan var som helst i designen medan pumpen skulle ha krävt mycket utrymme under bordet bakom elskåpet. Vi hade två alternativa ejektorer som vi beställde offert på från Schmalz och Fipa (bilaga 1).





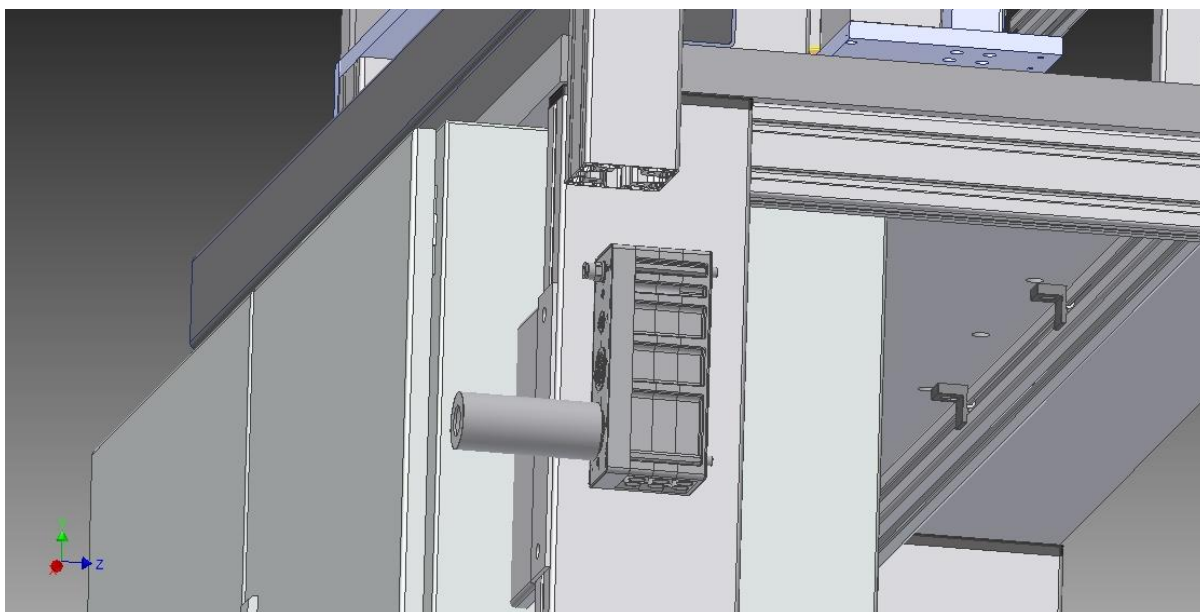
Figur 42 – Vakuumfästplattan för verktygsmodulerna. Notera tätningssringen på plattans undersida. (egen bild)



Figur 43 - Multikammarejektor från FIPA, 65.380-LSE. Tryckvakten syns på höger sida och ljuddämparen på vänster sida. I mitten syns urtaget för vakuum.



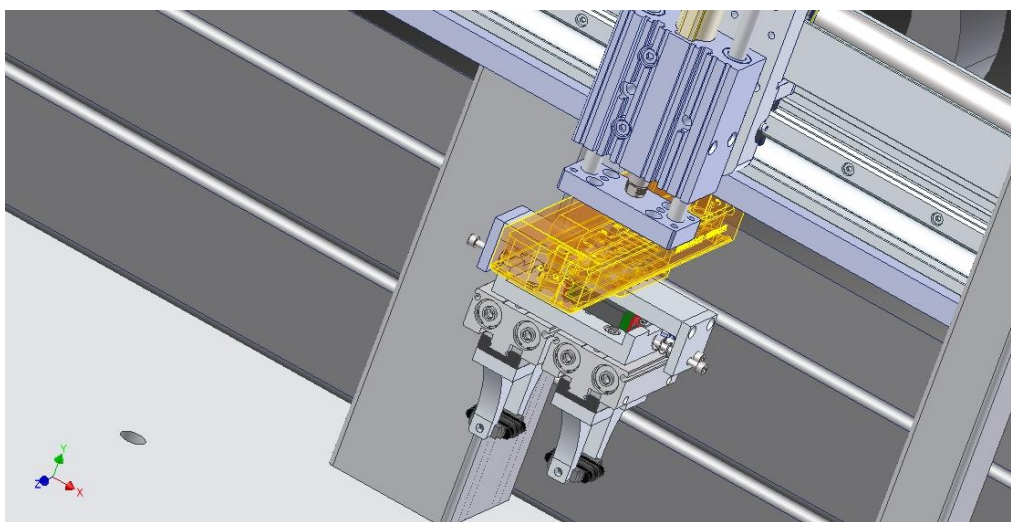
Figur 44 – Vakuumejektor med automatisk tryckreglering och manometer, ver 15 från Schmalz.



Figur 45 -Ejektorns placering på bänken. Kabeldragningarna görs via Itemprofilerna. (egen bild)

## 7.2.2 Slangtransport och manövrering

Övriga konstruktioner stämmer i princip överens med det vi presenterat i vår förstudie, förutom att vi tillsatt en liten linjär med 100 mm slaglängd på plockarmen för rörelse i djupled, för att kunna kompensera för de olika verktygsmodulerna (figur 46 och 47). Vi valde en linjärmotor från Thorlabs, DDSM100/M - Compact 100 mm Metric. Denna var kompakt, lätt och förhållandevis förmånlig.



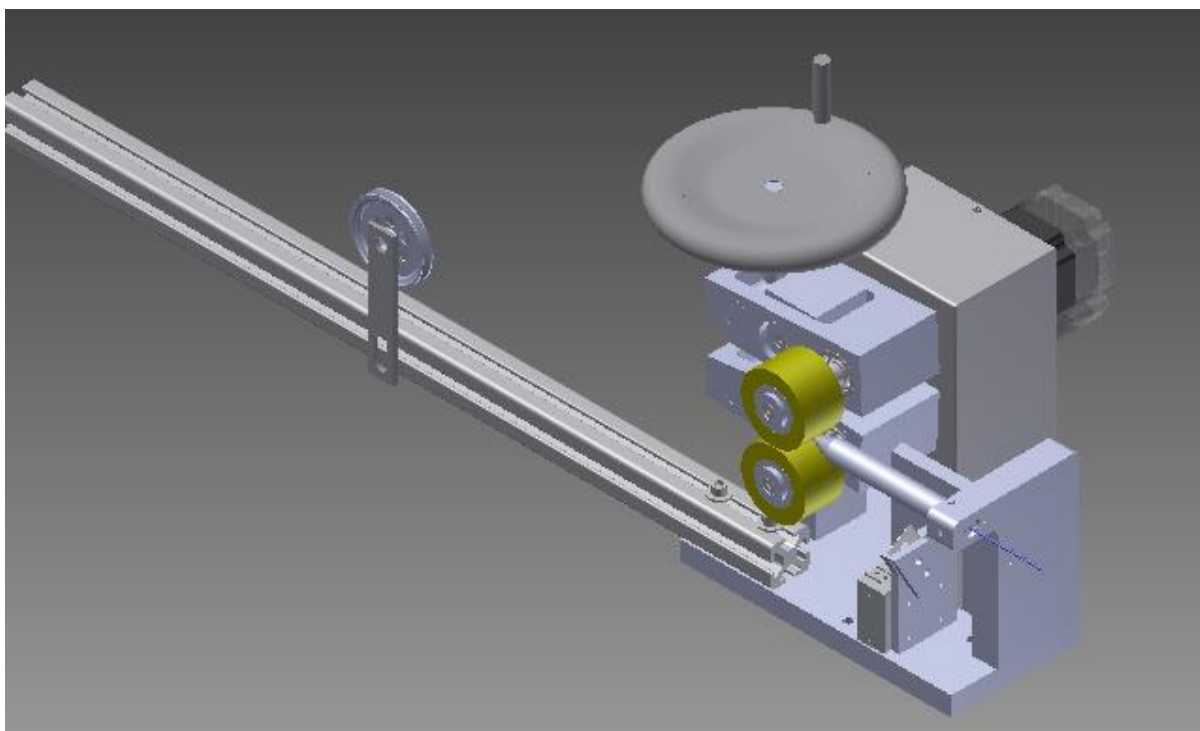
Figur 46 – Vi valde en dubbellinjär från SMC som är upphängd i en justerbar jigg som är fjäderbelastad, för den skull att linjären kan kollidera med verktyget ifall av felprogrammering. Den senare tillsatta linjären syns i gult, mellan gripklon och vertikallinjären (Thorlabs, 2017).(egen bild)



Figur 47-Thorlabs DDS100/M Metric 100 mm med tillhörande drivsteg (Thorlabs, 2017).

Framdrivningen av den slang som skall bearbetas sköts av en dragenhet som är utrustad med en pneumatisk hack som kapar slangen i lämpliga bitar med 90° snittvinkel (se figur 48).

Framdrivningen består av två stycken lagrade gummihjul som drivs via kugghjul av en kraftig stegmotor. Dragenheten med hackstationen är en beprövad konstruktion som sedan tidigare använts inom företaget i liknande bänkkonstruktioner för bearbetning av slang inom produktionen. Därmed finns det kompatibla reservdelar till denna vid behov.



Figur 48 – Hackstationen med drivhjulen i gult syns på bilden. Drivmotorn ligger bakom enheten. Vredet ovanför drivhjulets saxkonstruktion är förspänningen av hjulen. Ett hackbett, aktiverat av en pneumatisk linjär (SMC), kapar slangen i önskad längd. (egen bild)

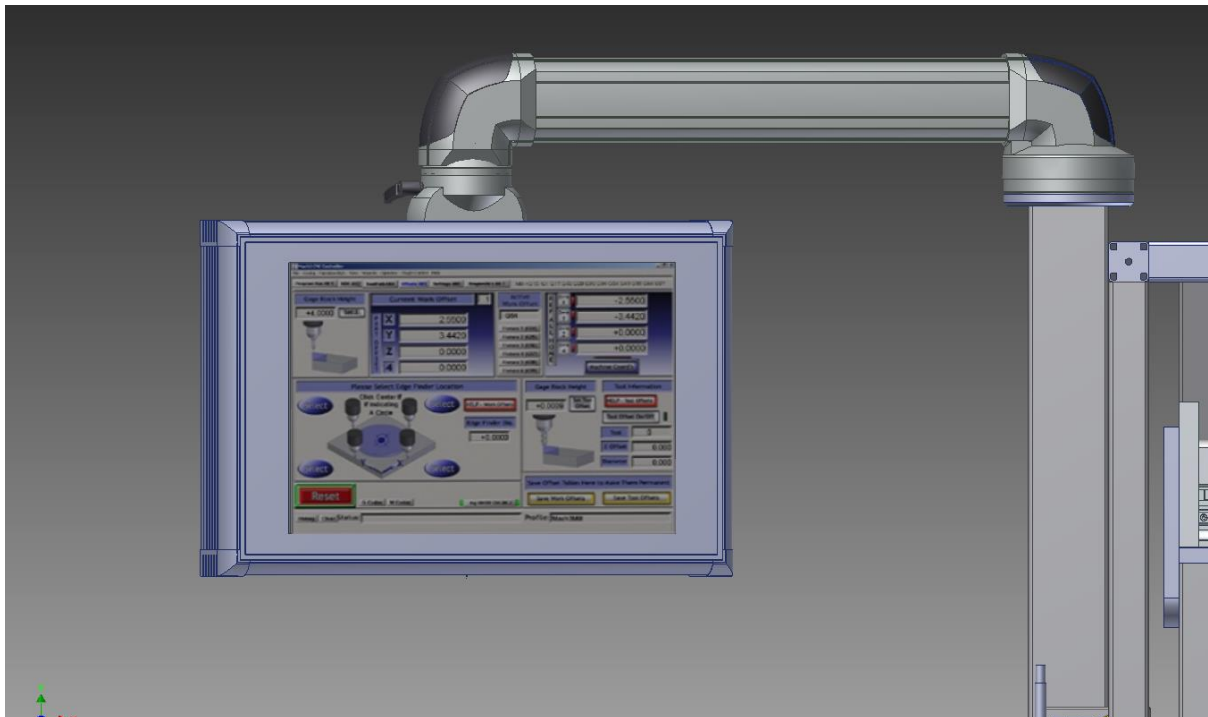
Horisontallinjärmotorn med stödräls är från Linmot. Även denna används sedan tidigare i andra produktionstekniska automater och har visat sig ytterst tillförlitlig. Stativkonstruktionen är även den en beprövad konstruktion och är mycket stabil. Vertikallinjären är också Linmots och dubbelgrippern med silikondynor är från SMC. Även dessa ingår i tidigare konstruktioner.

För att kunna orientera gripklon mellan flera alternativa verktygsmoduler så finns det några olika valmöjligheter. Ett skulle vara att varje verktygsmodul har sin givna position på vakuumbordet, så att permanenta koordinater för gripklon kan erhållas. Detta kan möjliggöras med en jigg i vakuumskivans styrspår. Alternativ två är att manuellt placera ut gripklon och spara de strategiska koordinaterna i programmet. Ett tredje alternativ är att navigera gripklon med hjälp av en Touch Probe som känner av när gripklon kommer i kontakt med verktyget och i samband med detta justeras koordinaterna i programmet. Det är

dock möjligt att de olika alternativen kommer att kombineras med varandra i en färdig konstruktion.

### 7.2.3 Styrpanel

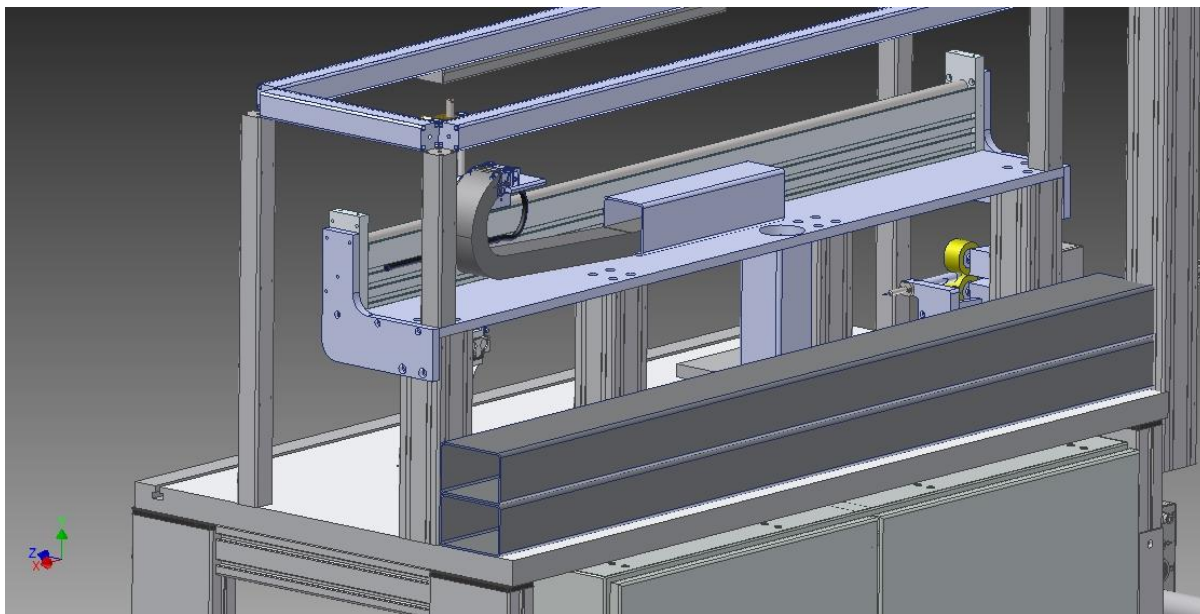
Mjukvaran styrs via en manöverpanel upphängd i ramen, även den ITEM-kompatibel (figur 49). Koordinaterna för gripverktuget läggs in i programmet med hjälp av styrpanelen och är operatörens gränssnitt för logiken i testbänken. Även temperaturer, tryck och övriga parametrar anges via panelen.



Figur 49 – Styrpanel för gränssnittet mot logikens mjukvara. Panellådan är en ComfortPanel från Rittal. Bärarmen är även den från Rittal och rymmer de nödvändiga kabeldragningarna. PLC-styrningen kommer troligtvis att vara Codesyskompatibelt. Obs, fiktiv skärmbild lånad av ett CNC-program. (Industritorget, 2016) (Egen bild)

### 7.2.4 Skyddsbur

Buren runt testbänken är mera tänkt för festsättning av maskinbelysning, jonisatorer mm än som direkt personskydd. Då denna konstruktion är tänkt till utvecklingsavdelningen har det inte funnits behov av plexipaneler och fotocellridå. Buren är uppbyggd av 40\*40 ITEM profil 8. Standarden betyder att alla tillbehör som fästen och låsningar använder gängstandard M8 (figur 50).



Figur 50 – På denna bild ser man det gedigna stativet till horisontallinjären, detta för att säkerställa att konstruktionen är stabil även då griparmen rör sig i varierande riktning. Kabeldragningarna kan göras i profilerna så långt det är möjligt. De två svarta liggande fyrkantprofilerna kommer att innehålla de nödvändiga eldragningarna men också tryckluft och vakuum, samt manometrar, anslutningar och ventiler till dessa. Hörnbitarna till profilerna i buren är inte applicerade på denna bild, därtill skall profilerna vara utrustade med T-spår för att man enkelt skall kunna fästa kringutrustning i den. (Egen bild)

### 7.2.5 Extratillbehör

Bordet kan utrustas med hjul som kommer i kontakt med golvet då man sänker arbetsytan. På så vis kan man underlätta flytt av konstruktionen. Vi har lagt till dem i kostnadsförslaget. Man kan även lägga till en tryckluftsmanifold för distribution av tryckluft och vakuum. Denna manifold är ITEM-kompatibel och är praktisk för att minska på slangkopplingarna till vakuumchucken och de tryckluftsdrivna komponenterna.

### 7.3 Kostnadskalkyl

Här följer den totala materialkostnaden för testbänken samt övriga omkostnader. Detta är den slutgiltiga kostnadskalkylen som presenteras för utvecklingsavdelningen. Materiallistan kan hittas i bilaga 2.

I materialtabellen, som är gjord i Excel, visar testbänkens huvudkomponenter, samt de uppskattade kostnaderna. Dessa kostnader är endast materialkostnader. Det bör åter poängteras att enbart de mekaniska och elektromekaniska komponenterna som elmotorer och pneumatiska komponenter finns medtagna. PLC, strömförsörjning, servostyrningar och manöverpanel ingår inte i tabellen. Det mesta kan tillverkas i företagets egna verkstadshallar.

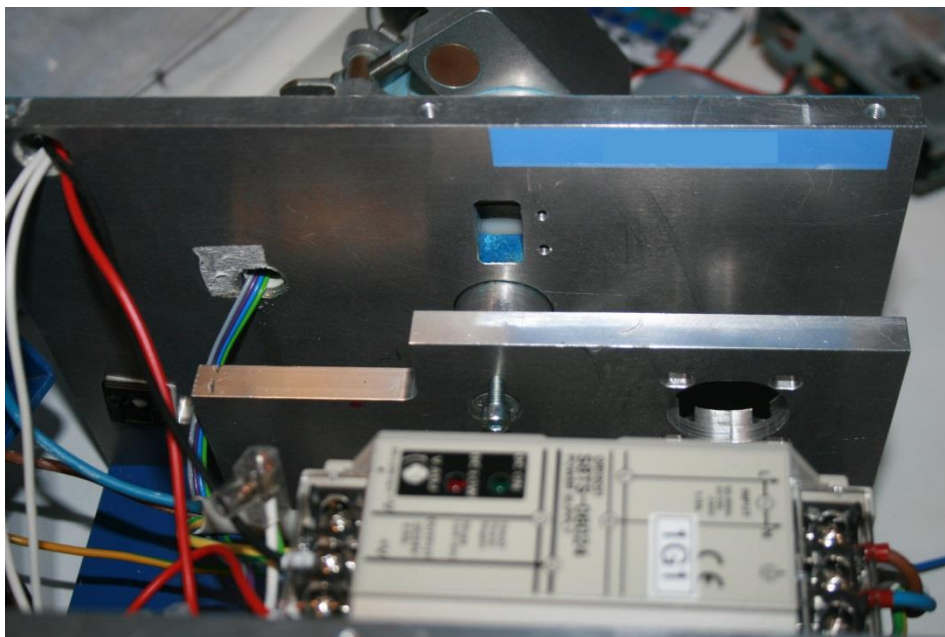
Arbetsbordet ITEM 4E, linjärmotorerna och vakuumejektorn är de dyraste enskilda komponenterna. Slutpriset på testbänken utan styrelektronik och verktyg landar på drygt 16000€.



## 8 KONSTRUKTION AV SPETSSLIPSMODULEN

Spetsslipmodulen som skall användas i den modulära testbänken blir den gamla enheten som aldrig fick genomslag i produktionen och avställdes. Med hjälp av ritningarna kommer vi att restaurera maskinen och förbättra den. På så vis håller man omkostnaderna nere om man lyckas återvinna så mycket av materialet som möjligt.

Den spetsslip som en gång har byggts för att användas inom produktionen har under sin sista tid endast använts för manuell slipning av slangändar. Av de gamla ritningarna framgår att de delar som skall möjliggöra automatisk slipning med roterande sliphuvud saknas helt. Dock så stämmer inte de gamla ritningarna helt och hållet med helheten och det verkar som om maskinen aldrig har färdigställts efter ritningarna (figur 51).



Figur 51 - Fästplattorna har hål urtagna för drivmotor och kolhållare men det syns inga tecken på att de skulle ha varit i bruk. Axeln till sliphuvudet är fastlåst med en låsskruv. (Egen bild)



## 8.1 Remhjul

Nya tandremshjul av standardstorlek och tandrem införskaffades från Optibelt. Dessa anpassades för att passa på axlarna genom att svarvas upp och förses med låsskruvar samt förlängningsholkar. Remhjulens yttre dimensioner fick vi utgående av ritningarna, 25 mm och 45 mm. Det blir en nerväxling i sliphuvudet med ett förhållande på ca 1,8. Det man förlorar i varvtal vinner man i moment och precision. Kopplas modulen upp via PLC i testbänken så kan man finjustera varvtalet ytterligare vid behov. Med nuvarande konfiguration roterar huvudet med ca 15 varv i minuten. Testet får utvisa om hastigheten måste justeras (figur 52).



Figur 52 - Remskivan är fastlåst på drivaxeln till sliphuvudet och kolhållaren är på plats. (Egen bild)

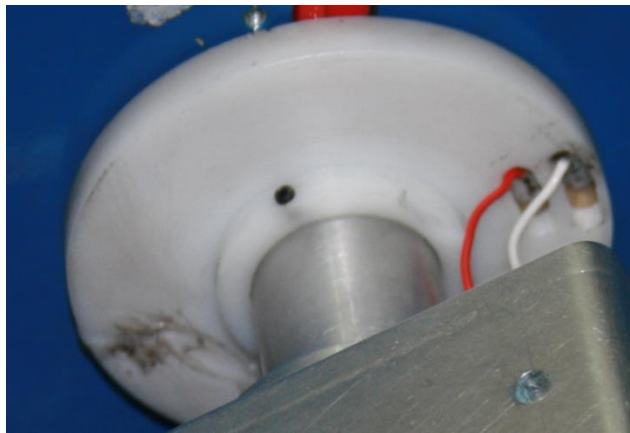
## 8.2 Kolhållare och släpringar

För att kunna distribuera elström till slipmotorn i sliphuvudet utan att vrida av kablarna runt axeln har det sedan tidigare designats släpringar och kolhållare enligt ritningarna. Märkligt nog fanns en skiva med släpringar redan färdigmonterad på yttre delen av axeln till sliphuvudet. Inget tyder dock på att den faktiskt har använts. Det fanns inga tecken på slitage. Och inte heller någon anslutningspunkt för elledningarna till slipmotorn (figur 53).

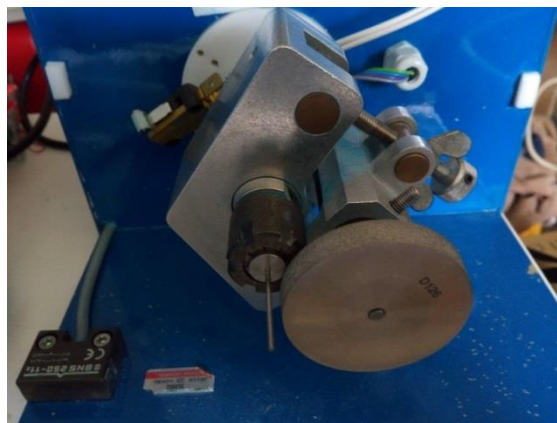
Slipmotorn har tidigare varit direktkopplad via ledningar, vilket kan ses i figur 54.

Kolhållaren tillverkade vi i plast utgående från de gamla ritningarna med hjälp av en 3D-skrivare. Vid installationen av denna stod det dock klart att detta system aldrig har byggts och testats i praktiken. Kolhållaren var stor och skrymmande och kunde omöjligt få plats mellan fästplattorna utan att röra vid remhjulen.

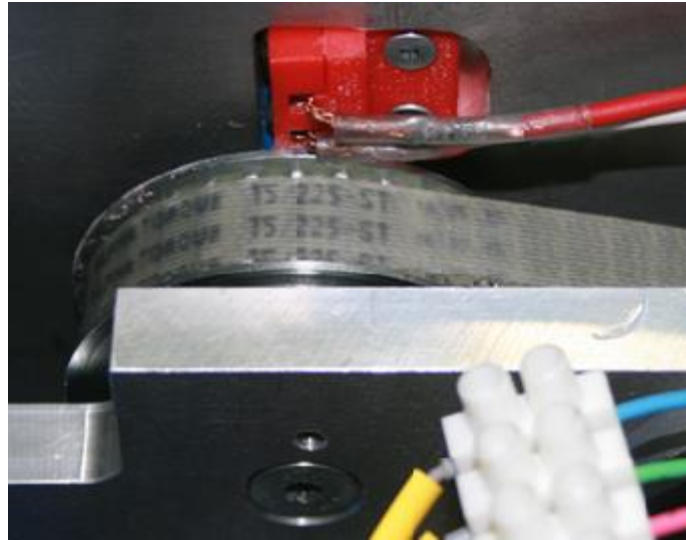
Vi fräste ner fästplattan runt hålet för kolhållaren med halva godstjockleken (10 mm/2), och designade om kolhållaren från grunden. Huset till hållaren kortades ner med mer än halva längden. Trots detta krävdes justering och anpassning för att få remhjulet att gå fritt från hållaren. Resultatet kan ses i figur 55.



Figur 53 - Släpringshållaren har fått urtag för kopplingspunkterna till elledningarna för slipmotorn. (Egen bild)



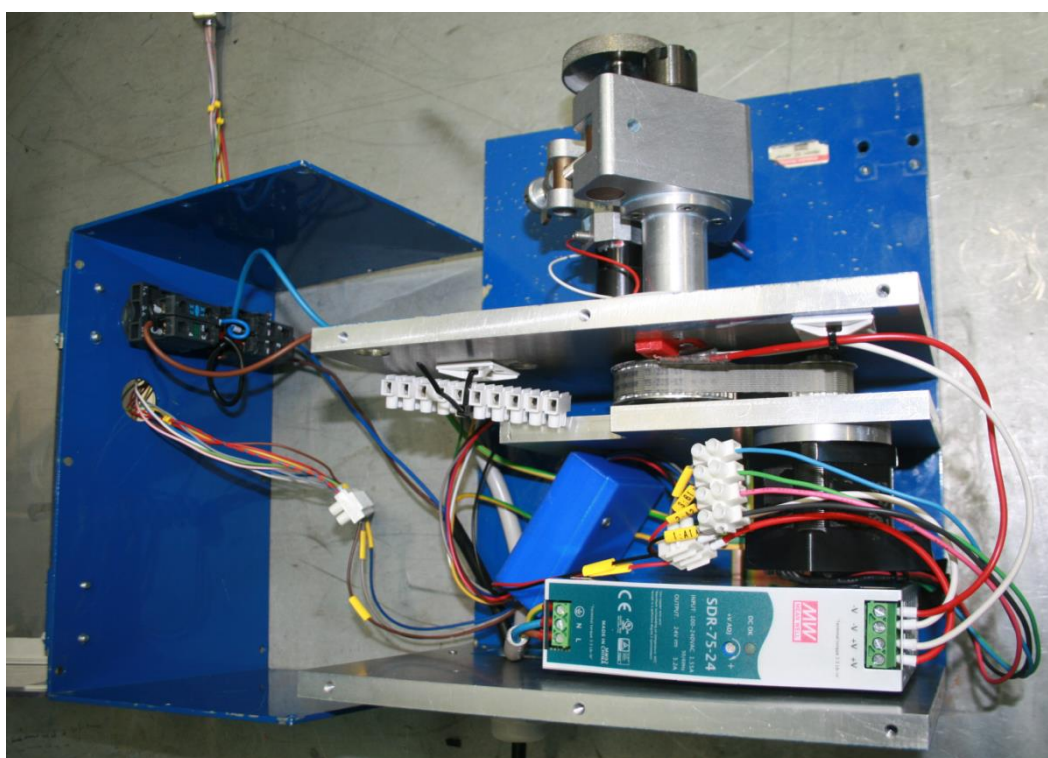
Figur 54 - Slipmaskinens tidigare konfiguration med slipmotorn direktkopplad via ledningar. Här med styrstiftet isatt. (Egen bild)



**Figur 55 - Kolhållaren är djupt förssänkt i fästplåten och längden på huset är halverad. Notera hur trångt det är vid remhjulet. (Egen bild)**

### 8.3 Drivmotor

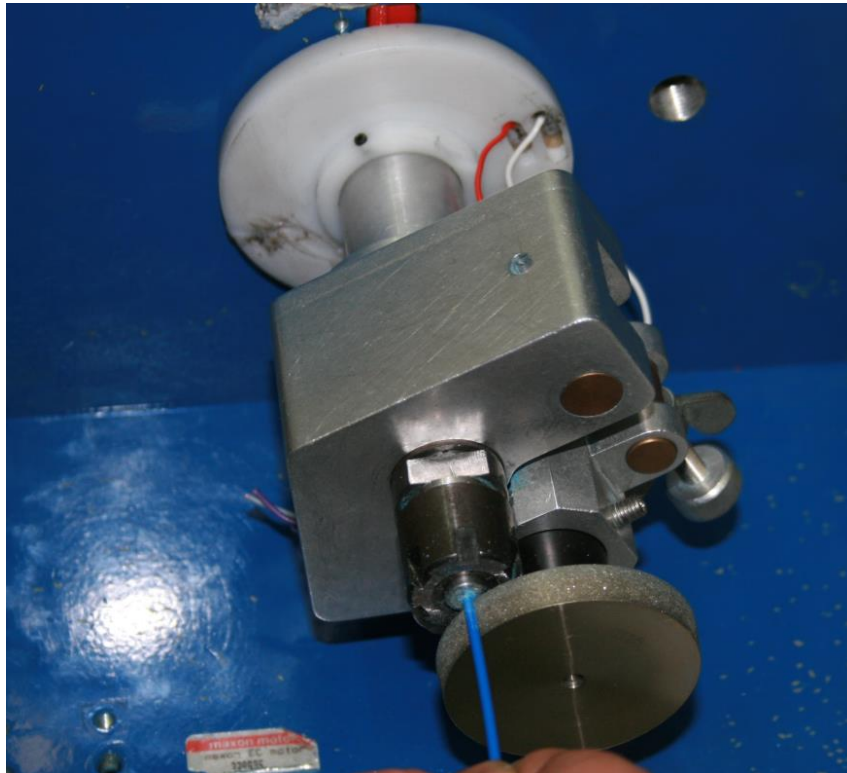
En ny stegmotor med  $1,8^\circ$  stegvinkel och 0,12 Nm vridmoment, samt drivsteg till motorn införskaffades. Det sistnämnda krävs då stegmotorn behöver pulser över ett visst antal lindningar för drift i önskad riktning. Dock är denna motor längre än den utgångna typ som de gamla ritningarna var designade för. Det har löst sig med en modernare nätdel som är smalare än den gamla, trots ökad kapacitet. Den nya motorn är också aningen kraftigare än den ursprungliga som omnämnts i ritningarna. Därtill blir den nerväxlad av remhjulen så vridmomentet tros bli tillräckligt (figur 56).



Figur 56 - Drivmotorn till sliphuvudet är installerad med remhjul och rem. Den blå lådan som syns vid transformatorn innehåller drivsteget till stegmotorn som driver sliphuvudet. Transformatorn är fastgjord på en DIN-skena. Notera att detta är en prototyp, därav oordningen och det oorganiserade utseendet. (Egen bild)

## 8.4 Testresultat

Spetsslipmodulen fungerar som planerat när vi testkör den och drivmotorn har tillräckligt med vridmoment, vilket vi var osäkra på vid installationen då redan släpringarna utgör ett visst motstånd. Maskinen går mycket tyst och behagligt för användaren. Bilder från testkörningen kan ses i figurerna 57 och 58.



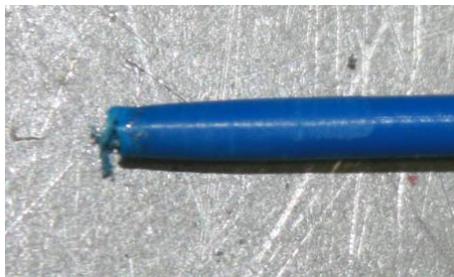
*Figur 57 - Pågående rundslipning av slangändan. Slangen är fixerad på ett utbytbart styrtstift i centrum av det roterande sliphuvudet. Sliphjulet, som är av rostfritt stål med beläggning av diamanatkorn, drivs av en DC-motor med inbyggd planetväxel som växlar ner rotorvarvtalet till förmån för momentet. Trots motorns ringa storlek (20 Ø mm \* 100 mm) förmår den hålla stabilt varvtal under belastning. Sliphastigheten är inte så hög för att inte riskera att smälta slangytan. Sliphjulets diameter är 50 mm och roterar med ca 1000 rpm, vilket ger en sliphastighet på ca 160 m/min eller ca 2,7 m/s. (Egen bild)*





Figur 58 - Instrumentet som användes för mätning av sliphastigheten, Lutron Tachometer DT-2235B. (Egen bild)

Vi testkörde slipmaskinen genom att spetslipa slangar av termoplast, samma slangtyp som skall slipas och svetsas inom produktionen. Resultatet blev tillfredsställande. Slipytan blev jämn och symmetrisk utan de störningar som var den påstådda orsaken till avställningen av slipmaskinen (figur 59), men vi misstänker att maskinen enbart använts manuellt. Det har i så fall medfört att slipresultatet har varit helt beroende av användarens skicklighet. Man skulle behöva testa slipmaskinen i produktionsmiljö för att få reda på om en vidareutveckling är nödvändig. Oberoende av detta kan man lättare styra stegmotorvarvtalet via PLC från testbänken, vilket kan förbättra slipresultatet ytterligare.



Figur 59 - Slipytan på slangändan blev jämn och symmetrisk samt vinkeln är rätt. Slipdjupet blev dock lite för stort pga. felställt avstånd på sliphjulet så att metallnätet har blottlagts på slang. (Egen bild)

## 8.5 Anpassning av verktygsmodulen för testbänken

För tillfället är spetsslipmaskinen ännu utrustad med egen strömförsörjning för att kunna köras enskilt, utan testbänken. Då modulen skall köras från den tilltänkta testbänken kan den kopplas upp till dess PLC via ett DIN9 kontaktdon (se figur 60). Då kan man vid behov utveckla automatiseringen av slipmaskinen, om det skulle visa sig nödvändigt. Även nödstoppen kan kopplas via bänken. En jonisatorfläkt kan fästas vid ena änden av plexikåpan och en utsugsträtt vid andra änden, uppkopplat till en befintlig luftrenare med stor sugförmåga (behandlades i kapitel 3.6) (se figur 61). En automatisk gripklo bör kunna operera slipmodulen utan problem, då modulen är fastgjord på bänkens vakuumbord.



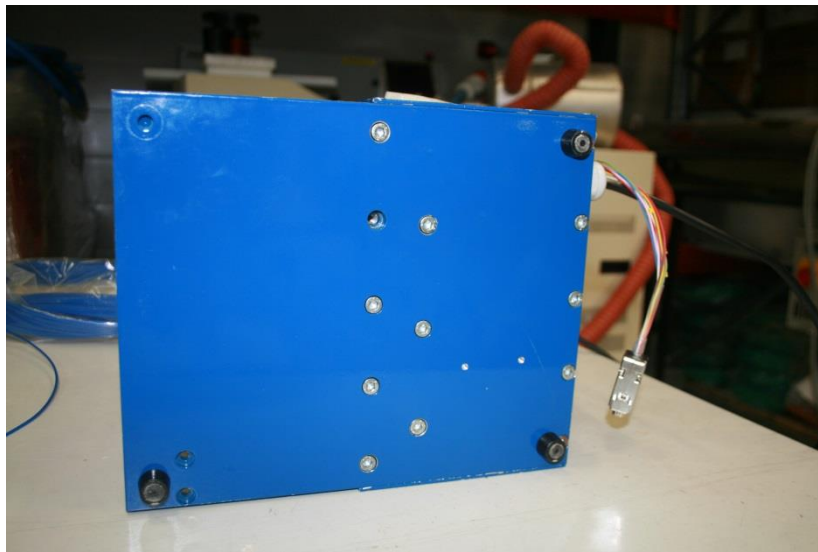
Figur 60 - DIN9 kontaktdon för anslutning till testbänken. (Egen bild)



Figur 61 - Spetsslipmodulen med locket och skyddskåpan monterad. Notera hålet framtill för styrstiftet. (Egen bild)

Bottenplattan på modullådan kan i princip användas som den är med små modifikationer. Lådans storlek kan bantas ner ytterligare om man avlägsnar strömförsörjningen men är trots

detta i lämpligt format. Bottenplattan skulle kunna finslipas från färg och skavanker. Alla skruvar är ordentligt försänkta men man kunde eventuellt förse dem med nylonbrickor då skruvskallarna är av standard maskintyp, så att de inte börjar läcka luft då man lägger modulen på vakuumplattan. Alternativt skruvar man fast en tunn aluminiumplatta med infräst spår för tätning mot vakuumbordet. Det skulle vara den klart enklaste metoden då man inte behöver skruva sönder modulen ytterligare för fräsning av spåret. Exempel på detta kan ses i figur 62.



**Figur 62 - Botten på slipmodulen. En aluminiumplatta med infräst spår för tätningen mot vakuumbordet kommer att vara det bästa alternativet när det gäller låsningen av verktygsmodulen. (Egen bild)**



## 9 SLUTSATS

Syftet med arbetet var att ta fram en design för en modulär testbänk. Vi började med att dela upp arbetet i två delar, en förstudie och en del där vi beskrev den slutgiltiga designen. Det underlättade vårt arbete och skapade en struktur som vi kunde följa. Vi har tidigare i texten reflekterat över de positiva och negativa aspekterna hos olika verktyg och designers.

Metoderna som används är många långa diskussioner och idékastande. Eftersom bänken och spetslipningen är två helt olika projekt, så har även tidsplanering och organisering varit en viktig del av projektet för att bibehålla fokus, samt effektivisera arbetet. Skapandet och manipulerandet av CAD-ritningar har även det varit en viktig metod för att skapa förståeliga bilder av verktygen och bänken.

Ett av kraven som vi haft är ”en mångsidig och effektiv plattform”. Det kravet har vi uppnått genom att ha fri placering av verktygen som kan komma att utvecklas, samt det att testbänken kommer vara utrustad med tryckluft, programmerbar elektronik och andra tillbehör som kan tänkas behövas inom produktionen. Systemet som vi har skapat är designat för halv- och helautomatisk körning, beroende på hur man programmerar styrningen.

Det vi till slut åstadkommit är att skapa en bänk som en grund till framtida projekt för ändamålet att kunna utveckla olika verktyg. Vi har även skapat många tankeställare och idéer som kan inspirera dem som plockar upp projektet och bygger bänken, ifall det blir aktuellt. Spetsslipmodulen är ett lustigt sidospår som vi kom inpå. Det projektet kunde vara ett helt eget examensarbete, men vi tacklade det ändå. Vi hade mycket idéer och tankar, som kan läsas i kapitel 8, men att hitta originalprototypen förkortade tiden för utvecklingen markant. Resultatet blev lyckat och för produktionsavdelningens skull så hoppas vi att spetsslipningsmodulen vidareutvecklas och att de byggs en produktionsfärdig version. Vi hoppas även att utvecklingsbänken blir förveckligad och att det byggs en prototyp som används för det avsedda ändamålet.

Tack vare projektet har vi varit tvungna att uppdatera våra kunskaper inom CAD och Inventor. Detta åstadkom vi via programmets egna utbildningsprogram och vi lärde oss de mest väsentliga delarna som behövdes. Projektet har varit en intressant resa, från att ha varit moderat till att expanderat, för att sedan få nya avgränsningar och återigen bli hanterbart. Projektet fick också en alltmer tydlig bild ju längre det pågick. Kraven och behoven som behövde täckas klarnade på vägen med diskussioner och möten med våra handledare. Dessa möten var ögonöppnande och väldigt lärorika. Efter varje möte fanns ny inspiration och nya idéer som gjorde att vi kunde fortsätta då vi fastnade. Vi har lärt oss mycket om allt från slangtillverkning och automationsteknik, till tankegångar vid utvecklandet av verktyg för produktion. Projektet har varit en prövning, men en lärorik sådan. Vi är tacksamma för att vi fått möjlighet att medverka i projektet.

# KÄLLFÖRTECKNING

Aerotech. (u.d.). *Linjärmotorer och planarmotorer*. Hämtat från Aerotech:

[www.aerotech.com](http://www.aerotech.com) den 5 Februari 2017

EBMPapst. (u.d.). *Servomotorer med planetväxlar och fläktar*. Hämtat från EBMPapst:

<http://www.ebmpapst.se/sv/nyheter/NoiselessPlus.-ny-planetv%C3%A4xel->

[fr%C3%A5n-Zeitlauf](http://www.ebmpapst.se/sv/nyheter/NoiselessPlus.-ny-planetv%C3%A4xel-fr%C3%A5n-Zeitlauf) den 5 Februari 2017

Eisele. (u.d.). *Multikontaktdon*. Hämtat från Directindustry:

[http://www.directindustry.com/prod/eisele-pneumatics-gmbh-co-kg/product-117055-](http://www.directindustry.com/prod/eisele-pneumatics-gmbh-co-kg/product-117055-1428845.html)

[1428845.html](http://www.directindustry.com/prod/eisele-pneumatics-gmbh-co-kg/product-117055-1428845.html) den 24 April 2017

Empire Robotics. (u.d.). *Versaball*. Hämtat från Empire Robotics: [empirerobotics.com](http://empirerobotics.com) den 12

Mars 2017

Festo. (u.d.). *Pneumatiska kopplingsdon*. Hämtat från Festo:

[https://www.festo.com/cms/fi\\_fi/index.htm](https://www.festo.com/cms/fi_fi/index.htm) den 24 April 2017

Industritorget. (den 18 12 2016). *Mach3 CNC styrprogram*. Hämtat från [industritorget.se](http://industritorget.se):

<https://www.industritorget.se/objekt/Mach3+CNC+Styrprogram/29419/> den 25 10

2017

Infinity3D. (u.d.). *3D Printers*. Hämtat från Revolution3D:

<http://www.revolution3dprinters.com/> den 5 Februari 2017

Iontis. (u.d.). *Joniserande fläktar*. Hämtat från Iontis: [http://www.iontis.de/en/unsere-](http://www.iontis.de/en/unsere-produkte/entladung/24v-dc-ionisationsluftgeblaese/)

[produkte/entladung/24v-dc-ionisationsluftgeblaese/](http://www.iontis.de/en/unsere-produkte/entladung/24v-dc-ionisationsluftgeblaese/) den 12 April 2017

Itemprofili. (u.d.). *Aluminiumprofiler och styrskenor*. Hämtat från [www.itemprofili.fi](http://www.itemprofili.fi) den 5

Februari 2017

Jenny Science. (u.d.). *Linjärmotorer*. (Linux) Hämtat från Jenny Science:

[www.jennyscience.de](http://www.jennyscience.de) den 5 Februari 2017

Karac, S. (2012). *Förundersökning om förbättring och automatisering av pacemakerslang*.

Mariehamn: Högskolan på Åland.

Movetec. (u.d.). *Linjärmotorer och planarmotorer*. (Hiwin) Hämtat från Movetec:

[www.movetec.fi](http://www.movetec.fi) den 24 Mars 2017

NEMI. (u.d.). *Vakuumchuckar*. Hämtat från NEMI: [www.nemi.com](http://www.nemi.com) den 5 Februari 2017

Optinova, Cederlöf, E., & Valve, C. (2016-2017). Möten. Godby.

Phoenix Contact. (u.d.). *Multikontakt*. Hämtat från Phoenix Contact:  
<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/us?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1621568> den 24 April 2017

PtechT. (u.d.). *Joniserande tryckluftspistoler*. Hämtat från Jensentools:  
<http://www.jensentools.com/transforming-technologies-in6430-ptec-ionizing-blow-off-gun/p/480-071> den 24 April 2017

Quatro air technologies. (2016). *Air purifiers, fume extractors, dust collectors*. Hämtat från Quatro air Technologies: <http://www.quatroair.com/> den 24 September 2017

Rittal. (u.d.). *Elskåp/kopplingsskåp*. Hämtat från Rittal: <http://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/produkte/produkte.jsp> den 12 Mars 2017

Schuchardt Maskin. (u.d.). *Koordinatbord*. Hämtat från  
<https://smaskin.se/%C3%B6vrigt/maskintillbeh%C3%B6r/koordinatbord/koordinatbord-330x220-mm-t-spar-12-vridbart/> den 24 April 2017

SMC. (u.d.). *Pneumatiska gripprar och kopplingsdon*. Hämtat från SMC:  
[https://www.smc.eu/portal\\_ssl/webpages/01\\_products/products.jsp](https://www.smc.eu/portal_ssl/webpages/01_products/products.jsp) den 12 Mars 2017

Studiebesök Optinova. (2017). Studiebesök på Optinova. Godby.

Techmalux. (u.d.). *Maskinbelysning*. Hämtat från Mekom:  
<http://mekom.se/se/produkter/maskin-industriebelysning/> den 12 April 2017

Thorlabs. (2017). *100mm Linear translation stage*. Hämtat från Thorlabs:  
[https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup\\_id=5697&pn=DDSM100/M#8145](https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=5697&pn=DDSM100/M#8145) den 7 11 2017

Vessel. (u.d.). *Anti-Stat*. (Vessel) Hämtat från Ionizing equipment. den 11 12 2017

Wikipedia. (u.d.). *Lego*. Hämtat från Wikipedia: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Lego> den 24 Mars 2017

Österlund, S. (2012). *Förstudie till automatisering av kragningsprocess*. Mariehamn: Högskolan på Åland.

# BILAGOR

## 1 Sammanfattning av offerter

### **Versaball**

Firma: Vision&Robotics  
Pris: 4000\$ (inkl. vakuumsystem)  
Leveranstid: 1 vecka

### **Hiwin planarmotor LMSP 11003 600\*600** (Äldre modell)

Firma: Wie-Tec  
Pris: 3400€ (inkl. drivsteg)  
Leveranstid: 1-3 arbetsdagar

### **Linax linjärmotor 520 mm**

Firma: Jenny Science  
Pris: 3870€  
Leveranstid: 3 veckor

### **Linax linjärmotor 1200 mm**

Firma: Jenny Science  
Pris: 5859,20€  
Leveranstid: 3 veckor

### **Xenax drivsteg för Codesys styrsystem**

Firma: Jenny Science  
Pris: 991,30€  
Leveranstid: 3 veckor

### **EtherCAT till Xenax drivsteg**

Firma: Jenny Science  
Pris: 341,30€  
Leveranstid: 3 veckor

### **Aluflex Item 4E 1500 Arbetsbord**

Firma: Item-Profiili  
Pris: 2150€  
Leveranstid: ca 15 arbetsdagar

### **Vakuumbord**

Firma: Nemi  
Pris: 2500\$ (4500\$ med pump)

Leveranstid: 3 veckor

### **Gripper MHF2-8D**

Firma: SMC  
Pris: 399,64€  
Leveranstid: 4 arbetsdagar

### **Ionisator IZF21-P**

Firma: SMC  
Pris: 634,61€  
Leveranstid: 4 arbetsdagar

### **Vakuumejektor VER 15**

Firma: Schmalz  
Pris: 754€  
Leveranstid: ca 2 veckor

### **Vakuumejektor 65.380-LSE**

Firma: Fipa  
Pris: 962€  
Leveranstid: 3-4 veckor

### **Styrpanellåda Comfortpanel**

Firma: Rittal  
Pris: 4346SEK  
Leveranstid: ca 1 månad

### **Elskåp TP 1200\*400\*675**

Firma: Rittal  
Pris: 5314SEK  
Leveranstid: ca 1 månad

### **Linmot linjärmotor 1400 mm**

Firma: SDT  
Pris: 2576€ (komplett med drivsteg, stator, magnetstång och kälke)  
Leveranstid: ca 1 månad

2 Materiallista med komponentpris

Huvudkomponenter			Förklaring	Grupp	Antal	Pris Ca (€)	Ursprung	Tillverkare	Återförsäljare					
Aluflex Item 4E 1500	Arbetsbord	Bord	1	2150	Offert			Aluflex	Item Profilili Oy					
Rittal TP 6702.500 Kit	Elskåp	Bord	1	558	Offert			Ulmot	SDT, Elfa Distrelec					
Kabelrör, 10337	Profil, 80*80*1500	Bord	2	55,1	katalogpris (6 m)			Specialtillverkade	Optrinova, Implex mfl					
Sartano LED 50 cm	Ljuslist	Vakunmbord	3	70	katalogpris			Schmalz	Schmalz Finland					
Vakuumdruck	Bottenplatta	Vakunmbord	1	500	uppskattat ca pris			Flexa	Mekom					
Schmalz VER 15 Elektor	Vakuumelektor	Vakunmbord	1	754	Offert			Thorlabs	Photonics Finland					
Manometer MEX3-D20 B22	Tryckluft/vakuum	Vakunmbord	1	51,2	katalogpris			SMC	SMC Finland					
Kulventiler	Tryckluft/vakuum	Vakunmbord	4	37,96	Offert			Fipa	OYSCALAR Ltd					
Distributör VTR G3/8-IG 5xG1/4	Tryckluft/vakuum	Vakunmbord	1	43,42	Offert			Rittal	Rittal Sweden					
Slang 9 mm VSL 15-9 PVC-G	Tryckluft/vakuum	Vakunmbord	1	21,2	Offert			Quatro	DT&Shop					
Hackstation	Dragenhet	Transport	1	1000	Företagsinfo			Sartano	Hataid Nyborg					
SMC MHF2-8D	Dubbelgrippeer	Transport	2	799,68	Offert									
PL01-20K1400/1340-HP	Linjärstäng, Slider	Transport	1	1327	Företagsinfo									
PS01-37Sx60-HP-N-AGI	Spole, Stator	Transport	1	477	Företagsinfo									
F01-37S/FWK-F	Carriage Kit	Transport	1	236	Företagsinfo									
F01-37Sx1400F	Linjärfyrning	Transport	1	536	Företagsinfo									
Ulmot H01-23 *86/160	Linjärmotor Y	Transport	1	299	katalogpris									
Servostyrenhet B1100-PP	Servostyrning	Transport	1	310	katalogpris									
Thorlabs DDS100/M	Linjärmotor Z	Transport	1	167	katalogpris									
Mounting Plate, Metric	Fästplatta	Transport	1	53	katalogpris									
K-Cube Brushless DC Servo Driver	Styrning	Transport	1	613	katalogpris									
Kabelkedja P14-113-10F	Kabelkedja	Transport	1	39	katalogpris									
Item 80*80, 320 mm	Linjärmotor, Kabelrör	Transport	2	0	katalogpris (6 m)									
L-profil, 10363_29	Stativ	Transport	2	200	Uppskattat ca pris									
Basplatta, 10194_11	Stativ, profil	Transport	1	100	Uppskattat ca pris									
Item 80*80, 320 mm	Profil 8 Stativ, ben	Transport	4	0	katalogpris (6 m)									
Item 40*40, 600 mm	Profil 8, ben	Bur	2	34,8	katalogpris (6 m)									
Item 40*40, 320 mm	Profil 8, 10199	Bur	2	0										
Item 40*40, 1420 mm	Profil 8, 10198	Bur	2	0										
Item 40*40, 265 mm	Profil 8, Balkinator265	Bur	2	0										
Item Profil 8 corner R40-90	Profil 8	Bur	1 set	9,3	Offert									
Comfortpanel CP6372.541	Skärmlåda	Styrning	1	457	Offert									
Beharm CP 60 Helhet	Skärmlåtare	Styrning	1	852	Offert									
IVAC Twin CAD/CAM	Utsug	Kringutrustning	1	1937	Företagsinfo									
Item HJUL D80 ESD med broms	Bordshjul	Kringutrustning	4	214,4	katalogpris									
Item Profil 8 80*80	Bordshjul	Kringutrustning	4	0	katalogpris (6 m)									
Item Arb. Bel. 35W	Belysning	Kringutrustning	1	181,2	katalogpris									
Item Fäste	Belysning	Kringutrustning	1	8	katalogpris									
SMC Ionizer IZF21-P	Ionisering	Kringutrustning	1	634,61	Offert									
Item Manifold	Tryckluft/vakuum	Kringutrustning	1 set	190	Offert									
Övrigt	Skruvvar, fästen, etc.	Övrigt		1632,62	Beräknat efter rihelhet									
			Totalt	16326,17	€				10% Av omkostnaderna					